



PATENT

Docket No. 53375/1445

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS: Yuji KAMO
SERIAL NO. : 09/957,475
FILED : 21 September 2001
FOR : REAL IMAGE TYPE VARIABLE MAGNIFICATION FINDER
ART UNIT : Unassigned
EXAMINER : Unassigned

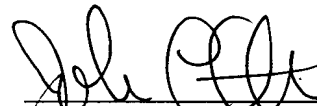
ASSISTANT COMMISSIONER
FOR PATENTS
Washington, DC 20231

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

SIR:

A claim the Convention Priority Date of Japanese Patent Application No. 2000-292251 filed in Japan on 26 September 2000 was made in the Declaration/Power of Attorney filed with the application on 21 September 2001. To complete the claim to the Convention Priority Date of said Japanese Patent Application, a certified copy thereof is submitted herewith.

Respectfully submitted,


John C. Altmiller
(Reg. No. 25,951)

Dated: 1 November 2001

KENYON & KENYON
1500 K Street, N.W., Suite 700
Washington, DC 20005

Tel: (202) 220-4200
Fax: (202) 220-4201

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2000年 9月26日

出 願 番 号
Application Number:

特願2000-292251

出 願 人
Applicant(s):

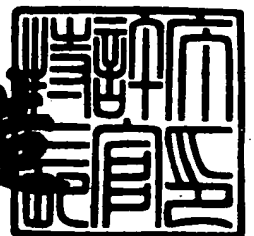
オリンパス光学工業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
CERTIFIED COPY OF

2001年 9月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 00P02107

【提出日】 平成12年 9月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03B 13/06

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号
オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 加茂 裕二

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 荻澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蛭川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 実像式変倍ファインダ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、複数の移動レンズ群と、少なくとも 1 面がパワーを有する回転非対称な反射面とを有し、また、各群には少なくとも 1 面の非球面を有し、さらに、次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 d は対物光学系の第 1 面から第 1 反射面までの軸上主光線に沿って測った距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【請求項 2】 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から、複数の移動レンズ群を有し、全体として負のパワーを有する前群と、少なくとも 1 面が回転非対称な面からなる正の反射面を有する後群からなることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【請求項 3】 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から、各レンズ群に少なくとも 1 面の非球面を有した少なくとも 1 つの固定レンズ群と複数の移動レンズ群を有し、全体として正のパワーを有する前群と、少なくとも 1 面が回転非対称な面からなる負の反射面を有する後群からなることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、像反転光学系を有する実像式変倍ファインダに関し、特に、カメラやビデオカメラ等に用いられる、対物光学系による物体の倒立像を像反転光学系を用いることで正立正像として観察する変倍ファインダに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

コンパクトカメラ等で用いられるファインダ光学系は、一眼レフカメラ等で用いられるものと異なり、撮影光学系とは別体の光学系を構成している。このようなファインダ光学系の中で、対物光学系により一次結像させた実像を像反転光学系により正立正像とし接眼光学系で観察する、いわゆる実像式ファインダがよく知られている。

【 0 0 0 3 】

近年、コンパクトカメラはますます高変倍化と小型化が求められ、特に入射光軸方向の大きさを小さくするような薄型化が求められている。

【 0 0 0 4 】

一般的に、ズームレンズはレンズ群の間隔を変化させて変倍するため、高変倍化するには、原理的にレンズ群の移動量を大きくするか又はそのパワーを強くするしかない。しかしながら、レンズ群のパワーを強くすると収差発生量が大きくなってしまいうことから限界があり、高変倍化していくとレンズ群の移動量が増え入射光軸方向に大きくなってしまいうことは避けられなかった。その問題点に対し、撮影レンズでは枠構成を工夫し、未撮影状態ではズーム間隔を小さくして格納（沈胴）することにより緩和してきた。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、ファインダ光学系の場合、撮影レンズのように沈胴方式をとることは、カメラのデザイン上不利であるため、薄型化することは非常に困難であり、カメラの小型化の障害になっていた。

【 0 0 0 6 】

また、高変倍化する場合に変倍による収差変動を小さくするために、レンズ群の数を多くする必要がある。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、このような構成はレンズの肉厚の総和が大きくなるため、薄型化には必ずしも有利とはいえなかった。

【 0 0 0 8 】

従来、特開平 5 - 5 3 0 5 4 号においては、物体側から順に、負の第 1 群、正の第 2 群、負の第 3 群と配置され、第 1 群と第 2 群が変倍のため移動している。また、負の第 3 群は固定で屈折レンズ又はプリズム入射面の屈折により負のパワーを確保し、最も瞳側に負の群を配置することにより、テレフォトタイプを形成し全長短縮を図っている。

【 0 0 0 9 】

また、特開平 5 - 9 3 8 6 3 号、特開平 6 - 3 0 0 9 7 1 号、特開平 7 - 1 3 0 7 6 号では、物体側から順に、正の第 1 群、負の第 2 群、負の第 3 群、正の第 4 群と配置され、第 2 群と第 3 群が変倍のため移動している。また、合成パワーが負の第 1 ~ 3 群で虚像を構成し、固定の正の第 4 群で結像している。

【 0 0 1 0 】

一方、従来では、平面で構成しパワーを有していなかったプリズムやミラーの反射面にパワーを付け、像反転光学系にも対物、接眼光学系の作用を持たせ、小型化を図った提案がいくつかなされている。ここで、反射面を用いた構成には主にプリズムとミラーがあった。これらはどちらも反射面を用いた光学系であるにも係わらず、その特性は大きく異なっていた。

【 0 0 1 1 】

まず、これらの反射面に曲率（曲率半径 r ）を付けたときには、近軸パワーの計算式より、その面のパワーは、その内部が 1 よりも大きい屈折率 n の媒質で満たされているプリズムでは $-2n/r$ になり、ミラーでは $-2/r$ になり、同じ曲率でもパワーが異なってくる。そのため、プリズムはミラーに比べ $1/n$ の曲率で同じパワーにすることができることから、プリズムの方が反射面の収差発生量を小さくでき性能上有利であった。また、プリズムは 1 つの部材で反射面の他に入射屈折面、射出屈折面の 2 面の屈折面を有しているので、1 つの部材で反射面しか有さないミラーに比べ、収差補正上有利であった。また、プリズムは屈折率が 1 よりも大きい媒質で満たされているため、空気中に配置されるミラーに比

べて光路長を大きく取ることができ、焦点距離が小さくても反射面を確保することが比較的容易であった。一方、一般的に、反射面は、屈折面に比べ、偏心誤差による性能劣化が大きいので高い組立精度が要求されているが、複数の反射面を配置して光学系を構成する場合には、反射面を一体化して相対的な位置を固定できるプリズムの方が、組立による性能劣化を防ぐことができるので、有利であった。このように、プリズムの方がミラーに比べ優れた点が多かった。

【 0 0 1 2 】

従来、特開平 8 - 2 4 8 4 8 1 号においては、実像式ファインダの対物側プリズムの反射面を曲面で構成している。その曲面は回転対称の非球面であった。また実施例はズームではなく全て単焦点であった。

【 0 0 1 3 】

また、特開平 1 0 - 1 9 7 7 9 6 号は、実像式ファインダ光学系の像反転光学系に回転非対称な曲面を用いている。しかしながら、その実施例のほとんどは設計例が開示されていないため、その性能、大きさ等は不明であった。なお、その数値実施例 6 は、ファインダ光学系の接眼側プリズムの屈折面と反射面に回転非対称な曲面を用いている。また、像反転光学系に接眼レンズの役割を持たせ、レンズを削減していた。

【 0 0 1 4 】

また、特開平 1 0 - 3 3 3 0 4 1 号は、実像式ファインダの対物側プリズムの反射面を回転非対称面で構成している。また、実施例は全て単焦点であった。

【 0 0 1 5 】

また、特開平 1 1 - 3 8 4 7 2 ~ 3 号は、実像式ズームファインダのポロプリズムの中、物体側に配置されたプリズムの反射面に回転非対称な面を用いている。変倍比は 2. 5 ~ 3. 5 倍であった。

【 0 0 1 6 】

また、特開平 1 1 - 8 4 2 4 7 号は、実像式ファインダの対物側プリズムの反射面を回転非対称面で構成している。像反転方法として光路中で 2 回結像するリレー方式をとっていた。また、対物系の入射光軸と射出光軸は略平行であった。また、実施例は全て単焦点であった。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、これらの先行例は、次に示すように様々な問題点があった。

【0018】

特開平5-53054号のものは、負の第3群に強いパワーを与えると、パワー確保のために第2群の正パワーを強くせざるを得ず、性能的に不利になるため、第3群にはあまり強いパワーをつけられなかった。したがって、全長短縮の効果には限界があった。また、第3群よりも瞳側にはパワーを有した光学系を配置できず、大きなバックフォーカスを確保する必要があるため、光学系の基本的な構成はレトロフォーカスタイプであり全長短縮の難しい構成のままであった。

【0019】

また、特開平5-93863号、特開平6-300971号、特開平7-13076号の光学系は、第1～3群で構成された虚像を第4群で拡大している構成になっているので、第4群の構成が非常に重要である。しかしながら、第4群はバックフォーカスを確保するためにある程度物体側に配置しなければならないので、第4群のとり得る倍率にも制限があり、効果的に小型化できていなかった。また、第4群は単レンズで構成しているため、収差補正能力には限界があり、高変倍化する際には性能的に不利になってしまっていた。また、この場合、複数のレンズで構成すれば性能的には改善するが、カメラの厚さ方向に大きくなってしまいうため、小型化には不利であった。

【0020】

ズーム光学系は、移動群とパワーの構成が小型化や高変倍化の重要なポイントであることは既に知られている。そのため、単焦点光学系とは光学系の構成が全く異なっており、単焦点の発明をそのままズーム光学系へ適用するのは容易なことではない。

【0021】

しかしながら、特開平8-248481号、特開平10-333041号、特開平11-84247号には、ズーム光学系への適用又はその具体的構成について述べられていない上、その意図もない。以下に示す本発明の内容は、ズーム光

学系に適用した場合の最適な構成を示すことが目的であるので、これらの先行例からでは、ズーム光学系の高変倍化、小型化を達成することはできない。

【0022】

特開平10-197796号のものは、ファインダ系が小型になるようなプリズムの配置、構成等が述べられているが、性能面が考慮されておらず、実現性に乏しかった。また、数値実施例6は接眼光学系のレンズを削減することにより薄型化しているため、対物光学系自体は薄型にはできず、高変倍化した場合には十分に薄型化することは難しかった。

【0023】

また、特開平11-38472～3号のものは、小型化されてはいるが、対物群のタイプと反射面の面数、パワー配置等の構成が必ずしも最適化されているとは言えないため、まだまだ不十分であった。また、実施例の追跡を行うと、実際には変倍比は2.1～2.8倍程度しかなく十分ではなかった。

【0024】

このように何れの先行例も大きさ若しくは変倍比の点で問題があり、これらを同時に満足するような小型で高変倍なファインダは達成できていなかった。

【0025】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、高変倍化と小型化、特に薄型化を同時に満たす高性能な実像式変倍ファインダを提供することである。

【0026】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第1の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、複数の移動レンズ群と、少なくとも1面がパワーを有する回転非対称な反射面とを有し、また、各群には少なくとも1面の非球面を有し、さらに、次の条件式を満たすことを特徴とするものである。

【0027】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 d は対物光学系の第1面から第1反射面までの軸上主光線に沿って測った距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0028】

この場合に、次の条件式を満たすことが望ましい。

【0029】

$$2.5 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (2)$$

以下、第1の発明において、このような構成をとった理由と作用を説明する。

【0030】

実像式ファインダでは、一般的に対物光学系の瞳側に像反転光学系を配置するため、対物光学系はそれを配置できるようにバックフォーカスを確保する必要があった。しかしながら、このような制限があると、焦点距離に対し主点位置を無理に移動させる必要があるので、全長を小さくすることが難しくなったり性能的に無理が生じることがあった。また、高変倍化すると一般的に各群の倍率が上がるため、収差も拡大されてしまい、また、適切なパワー配置をしないと、製造誤差によりレンズが偏心した場合の性能劣化量も大きくなる傾向にある。そのため、収差を補正し難くなったり、高変倍化に適したパワー配置が十分にできない可能性があった。このように、バックフォーカスの制限は高変倍化にとって非常に不利であり、小型化の障害にもなっていた。

【0031】

そこで、本発明では、像反転光学系の反射面にパワーを持たせて構成した。このように像反転光学系の反射面にパワーを持たせ、同時に対物光学系の作用も持たせることにより、その結果、高変倍化の障害になっている上記バックフォーカスの制限を緩和させることが可能になってくる。

【0032】

なおこのとき、偏心した反射面に単純にパワーを持たせると、回転非対称な偏心収差が発生してしまう。この偏心収差は回転対称の非球面等では補正できない

ため、少なくとも1面回転非対称な面を設ける必要がある。これにより、前記偏心収差補正することが可能になり、良好な性能を確保できる。

【0033】

このようにすれば、高変倍化してもファインダ光学系を高性能にすることができ、しかしながら対物光学系の構成を十分に考慮しないと必ずしも小型化することはできない。すなわち、対物移動群が移動できるスペース、対物入射面～像反転光学系の入射面を小さくすると共に、像反転光学系の入射面～第1反射面も小さくしないと、本発明の目的は達成できない。そのため、その距離が望遠端の焦点距離に依存することと、変倍比を考慮した次の条件式を満たす必要がある。

【0034】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.4 \quad \dots (1)$$

ただし、 d は対物光学系の第1面から第1反射面までの軸上主光線に沿って測った距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0035】

なお、回転非対称面を用いると、厳密な焦点距離の定義ができなくなる場合がある。以下、本発明における焦点距離 f の定義は、軸上主光線と平行な微小高さ h の光線を物体側から入射させ、光学系から射出した光線の軸上主光線となす角度を α （単位はラジアン）としたとき、

$$f = h / \alpha$$

つまり、 h を0に限りなく近づけたときの h / α の極限値を f とする。

【0036】

この条件式(1)の上限の0.4を越えると、小型化を達成することができなくなり、また、下限の0.02を越えると、各群のパワーが強くなりすぎ性能が劣化してしまう。

【0037】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0038】

$$0.05 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.25 \quad \dots (1-1)$$

また、高変倍化すると、対物光学系の各群の倍率は一般的に大きくなるため、群に残収差があると収差も拡大されてしまい、性能的に不利になる。特に、対物光学系の瞳側に像反転光学系を配置しその反射面にパワーを与えたときは、それによってさらに拡大され、性能が悪化してしまうことがある。そのため、対物光学系の各群の収差発生量を厳しく補正する必要がある。そのため、対物光学系の各群には少なくとも1面の非球面を設けなければならない。

【0039】

また、レンズのパワーが強くなると曲率がきつくなり、面のサグ量が大きくなってしまう。すなわち、正レンズでは、レンズ周辺部で肉厚を確保するためにレンズの中心厚を大きくしなければならなくなり、また、負レンズでは、レンズ周辺部で別のレンズと干渉しないように軸上間隔を大きくしなければならない。そのため、高変倍化に伴い小型化を損なう場合がある。そのため、周辺部に向かって正のパワーが弱くなる非球面、あるいは、負のパワーが弱くなる非球面を少なくとも1面設けるのが好ましい。このようにすれば、周辺部の縁肉やレンズ間隔を確保しやすくなるため、大型化し難くなる。

【0040】

ここで、変倍比に対する薄型化の影響を説明する。対物移動群が移動できるスペースを小さくするには、レンズ群の構成厚とレンズ間隔を小さくする必要がある。しかしながら、加工性を考慮するとレンズ群の構成厚自体を薄型化することには限界がある。よって、レンズ群間隔を小さくして薄型化するのが望ましい。ここで変倍比が小さい光学系では、元々レンズ群の移動量が少ないため、ズームスペースに対してレンズ群の構成厚が占める割合が多く、レンズ群間隔の占める割合が少ない。そのため、レンズ群間隔を小さくしても変倍比の割に薄型化の効果は鈍い。そのため、元々移動量が大きい高変倍比のズーム光学系に適用するのが変倍比に対して効果的に薄型化することができる。したがって、次の条件式を満たすのが好ましい。

【0041】

$$2.5 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (2)$$

ただし、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0042】

この条件式の上限の10.0を越えると、高性能を満足することができなくなり、また、下限の2.5を越えると、変倍比に対する薄型化の効果が鈍ってしまう。

【0043】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0044】

$$3.0 \leq f_t / f_w \leq 7.0 \quad \dots (2-1)$$

また、以上に説明した同様の理由で次のように構成しても構わない。

【0045】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.7 \quad \dots (1')$$

$$3.5 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (2')$$

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0046】

$$0.05 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.5 \quad \dots (1' - 1)$$

$$4.0 \leq f_t / f_w \leq 7.0 \quad \dots (2' - 1)$$

本発明の第2の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から、複数の移動レンズ群を有し、全体として負のパワーを有する前群と、少なくとも1面が回転非対称な面からなる正の反射面を有する後群からなることを特徴とするものである。

【0047】

以下、第2の発明において、このような構成をとった理由と作用を説明する。

【0048】

ここでは、本発明の目的を達成するための最適な群のパワー構成について説明する。本発明の目的を達成するには、光学系の高変倍化と小型化を同時に満たす

必要がある。そこで、本発明では、従来技術で説明した欠点を改善し効果的に小型化と高変倍比を達成した。すなわち、合成パワーが負の前群を設け、その前群により変倍を行い、その瞳側に反射面を配置して光軸を折り曲げた上、その中少なくとも1面を正パワーにして後群を構成した。また、そのとき、正パワーで発生する収差を良好に補正するために少なくとも1面の反射面を回転非対称な面で構成した。

【0049】

このように構成すれば、高変倍化してもより瞳側に正パワーを配置できるので効果的に小型化でき、さらに、入射光軸方向に厚くせずに後群を配置できるので高性能も達成することができる。

【0050】

なお、物体側から数えて1番目の反射部材よりも物体側を前群、その反射部材を含んで瞳側を後群とする。また、第1反射部材はミラー、プリズム等で構成されてもよく、後群にはそれらを複数個配置してもよい。また、後群には反射面の他に反射面のない屈折光学系を配置しても構わない。

【0051】

なお、後群は正の反射面を少なくとも1面含んでいけばよい。すなわち、後群の中中間像面付近の面に強いパワーを付けたとしても、光学系の倍率変化に寄与し難いので、必ずしも後群全体のパワーを正にする必要はない。

【0052】

本発明の第3の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から、各レンズ群に少なくとも1面の非球面を有した少なくとも1つの固定レンズ群と複数の移動レンズ群を有し、全体として正のパワーを有する前群と、少なくとも1面が回転非対称な面からなる負の反射面を有する後群からなることを特徴とするものである。

【0053】

以下、第3の発明において、このような構成をとった理由と作用を説明する。

【0054】

ここでは、本発明の目的を達成するための2つめの最適な群のパワー構成について説明する。

【0055】

高変倍化と小型化を同時に満たすためには、焦点距離が大きくなっても光学系の全長、光路長を小さくできるようなパワー配置にすればよい。すなわち、基本的に光学系をテレフォトタイプに構成し、適切にパワーを配置すればよい。ただし、従来技術で述べたような欠点を改善する必要がある。

【0056】

そこで、本発明では、まず合成パワーが正の前群を設け、その前群によって変倍を行い、その瞳側に反射面を配置して光軸を折り曲げた上、その中少なくとも1面を負パワーにして後群を構成した。また、そのとき、負パワーで発生する収差を良好に補正するために少なくとも1面の反射面を回転非対称な面で構成した。

【0057】

このようにすれば、前群の焦点距離を小さくできるので比較的容易にズームスペースを小さくすることができ、また、負パワーを像反転光学系の反射面に設けることによってより瞳側に負パワーを配置できるので、効果的に全長短縮でき小型化を達成できる。

【0058】

一方、レンズ群を最少の2群で構成した場合、レンズ構成厚の和が少なくなるので薄型化できると考えられるが、本発明の構成をとると、前群のパワーが強くなるので、実際には各群の曲率がきつくなり、面のサグ量が大きくなってしまう。すなわち、正レンズでは、レンズ周辺部で肉厚を確保するためにレンズの中心厚を大きくしなければならなくなり、また、負レンズでは、レンズ周辺部で別のレンズと干渉しないようにレンズ間隔を大きくしなければならない。また、いくら非球面を用いても2群で構成すると、レンズ面が少ないので高変倍化した場合収差補正能力に限界があり、高性能を達成できなくなってくる。

【0059】

これらを考慮すると、対物群のパワーを分散させることにより各群の曲面のサグ量（面中心と面周辺との軸上主光線方向の差）を小さくできるように、また、収差補正能力を向上させるように、少なくとも3群で構成するのが好ましい。

【0060】

また、高変倍化すると一般的に各群の倍率も向上する傾向にあるため、製造誤差によりレンズが偏心した場合、性能低下の影響が問題になることがある。また、レンズを移動させるためには、カムに対して機構的に余裕を与えておかないとスムーズに動かすことができなくなるので、移動群は少なからず偏心してしまうのは避けられない。すなわち、移動群の数を多くすると性能的に不利になってしまう。また、変倍時の像の揺れ等が気になることもある。よって、移動群は少なくして固定群を設ける必要がある。

【0061】

また、高変倍化すると対物光学系の各群の倍率は一般的に大きくなるため、群に残収差があると収差も拡大されてしまい、性能的に不利になる。特に、対物光学系の瞳側に像反転光学系を配置しその反射面にパワーを与えたときは、それによってさらに拡大され性能が悪化してしまうことがある。そのため、対物光学系の各群の収差発生量を厳しく補正する必要がある。そのため、対物光学系の各群には少なくとも1面の非球面を設ける必要がある。

【0062】

なお、物体側から数えて1番目の反射部材よりも物体側を前群、その反射部材を含んで瞳側を後群とする。また、第1反射部材はミラー、プリズム等で構成されてもよく、後群にはそれらを複数個配置してもよい。また、後群には反射面の他に反射面のない屈折光学系を配置しても構わない。

【0063】

なお、後群は負の反射面を少なくとも1面含んでいればよい。すなわち、後群の中中間像面付近の面に強いパワーを付けたとしても、光学系の倍率変化に寄与し難いので、必ずしも後群全体のパワーを負にする必要はない。

【0064】

本発明の第4の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光

学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から順に、複数の移動レンズ群、入射屈折面とそれに続く第1反射面が共に正のパワーを有し少なくとも第1反射面が回転非対称面からなるプリズムを有していることを特徴とするものである。

【0065】

本発明の第5の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から順に、複数の移動レンズ群、入射屈折面とそれに続く第1反射面が共に負のパワーを有した回転非対称な面からなるプリズムを有していることを特徴とするものである。

【0066】

以下、第4、5の発明において、このような構成をとった理由と作用を説明する。ここでは、プリズムの最適な反射面のパワー構成について説明する。

【0067】

偏心した反射面にパワーを付けると、偏心収差が発生するが、これを回転非対称面で構成することにより収差補正できることは既に述べた。ところが、あまり強いパワーを与えてしまうと、いくら回転非対称面で構成しても偏心収差は補正し切れなくなってしまう性能が劣化してしまう。そのため、高性能を達成するためには、この反射面のパワー配置を最適化する必要がある。

【0068】

本発明の目的を達成するためには、像反転光学系にも対物光学系の役割を与える必要があるので、ある程度の横倍率を持てるような位置にパワーを与える必要がある。一般的に、像反転部材は比較的中間像側に近く配置されるため、その反射面の中比較的物体側の面にパワーを与えるのが好ましい。ここで、1面の反射面にのみ強いパワーを与えてしまうと、前述したように性能的な問題が発生し、小型化と高変倍比を十分に達成できない場合がある。

【0069】

一方、像反転光学系としてはミラーとプリズムが考えられる。既に従来技術で述べたように、プリズムの場合は入射屈折面と射出屈折面の2つの光学面を形成することができる。したがって、本発明では、像反転光学系をプリズムで構成し、比較的物体側に近い入射屈折面と第1反射面を同じパワー、すなわち正+正と、負+負にしてパワーを分割するように構成した。これにより、強いパワーを与えてもパワーが分割されるので、収差を良好に補正することができ、効果的に像反転光学系に対物光学系の役割を与えることができるため、小型化と高変倍化を達成することができる。

【 0 0 7 0 】

本発明の第6の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも複数の移動レンズ群と、物体側より順に負、負、正のパワーを持つ反射面とを有し、少なくとも1面の反射面は回転非対称面で構成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 7 1 】

本発明の第7の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも複数の移動レンズ群と、物体側より順に正、正、負のパワーを持つ反射面とを有し、少なくとも1面の反射面は回転非対称面で構成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 7 2 】

以下、第6、7の発明において、このような構成をとった理由と作用を説明する。ここでは、反射面を3面で構成した場合の最適なパワー構成について説明する。

【 0 0 7 3 】

前述の発明では、屈折面と反射面でパワーを分割しているが、2面の連続する反射面にてそれを行っても同様の効果が得られる。反射面にはパワーを付けても

色収差が発生しないため、性能的な利点もある。

【0074】

ところが、符号が同じで強いパワーの反射面を設けると、ペッツバル和の補正ができなくなり像面が倒れてしまう。これを補正するにはそれらとは異符号のパワーを配置すればよいが、反射面は一般的に偏心しているので非対称な像面倒れが発生しやすくなる。これを回転対称な面では補正することが難しくなる。

【0075】

そこで、本発明では、物体側より同じパワーの反射面を連続して配置し、それより瞳側には異符号の反射面を配置し、少なくとも1面の反射面を回転非対称面で構成した。すなわち、物体側より順に正、正、負又は負、負、正で構成した。

【0076】

このように構成することにより、像反転光学系に強いパワーを与えてもパワーが分割され、さらに、色収差とペッツバル和も補正されるため良好な性能を達成でき、また、同様に効果的に対物光学系の役割を与えることができるため、小型化と高変倍化を達成することができる。

【0077】

本発明の第8の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも3群の屈折レンズ群と3面の反射面とからなり、少なくとも1面の反射面が回転非対称面で構成されていることを特徴とするものである。

【0078】

以下、第8の発明において、このような構成をとった理由と作用を説明する。ここでは、本発明を達成するために必要なレンズ群と反射面の構成について説明する。

【0079】

高変倍化と小型化を達成するためには、既に述べたように、対物レンズ群に少なくとも3つのレンズ群が必要である。また、小型化を考慮すると、この3群と

も反射面を有さない屈折作用のみ有するレンズで構成する必要がある。

【0080】

一方、コンパクトカメラ等に使用する実像式ファインダには次の2つの条件が絶対必要である。1つめは、対物光学系に入射した光軸と接眼光学系から射出した光軸が平行、又は、略平行であるという条件である。これを満たさないと、ファインダを覗いた方向と見える方向が異なるので、カメラとしては非常に使い難くなってしまふ。2つめは、反転した像を補正する反射面を適切に構成して正立正像にするという条件である。同様にこれを満たさないと、左右又は上下が逆の像になってしまい、きわめて観察しづらくなってしまふ。すなわち、この2つの条件を満たすように像反転光学系を適切に構成する必要がある。

【0081】

ところが、反射面にパワーを付けた場合、一般的に反射角が大きくなると偏心収差の発生量も大きくなってしまふ。そのため、反射面の面数が少なすぎると、上記2つの条件を満たすために小さい反射角で構成できない場合があり、性能的に不利になる。また、反射面数を多くしすぎると光量損失が多くなり、像が暗くなってしまふ。

【0082】

そこで、本発明は、少なくとも1面の反射面を回転非対称面とし、中間結像面から対物光学系側に3面の反射面を設けた。このようにすれば、小さい反射角で構成できるので高性能を達成することができ、光量損失も抑えられる。

【0083】

本発明の第9の発明の実像式変倍ファインダは、物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも3群の共軸レンズ群と2面の反射面からなり、少なくとも1面の反射面が回転非対称面で構成され、入射屈折面又は射出屈折面の少なくとも何れかが回転非対称面で構成されたプリズムを有していることを特徴とするものである。

【0084】

以下、第9の発明において、このような構成をとった理由と作用を説明する。
ここでは、本発明を達成するために必要な2つめのレンズ群と反射面の構成について説明する。

【0085】

前に述べた方法では、反射面の数を増やし反射角の小さい構成にすることにより、偏心収差の発生量自体を小さくして高性能を達成している。この方法の他に、反射面の数をあまり増やさずに偏心収差を他の面で補正することにより高性能を達成しても構わない。

【0086】

一方、像反転光学系としてはミラーとプリズムが考えられる。既に従来技術で述べたように、プリズムの場合は入射屈折面と射出屈折面の2つの光学面を形成することができる。

【0087】

そこで、本発明は、中間結像面から対物光学系側に2面の反射面を設け、少なくとも1面の反射面を回転非対称面とし、さらに、入射屈折面又は射出屈折面の少なくとも何れかを回転非対称面で構成した。このようにすれば、反射角が大きくなって偏心収差が残存しても、屈折面に設けた回転非対称面にてそれを補正することができるので、同様に高性能を達成することが可能になる。

【0088】

また、対物光学系側の像反転光学系では、一般的に入射屈折面側の方が軸上光線高が大きいため収差補正効果が高い。そのため、入射屈折面を回転非対称面で構成すると収差補正効果が高くなる。

【0089】

また、接眼光学系を回転対称な光学系で構成した場合、対物光学系の射出瞳位置を回転対称にしないと瞳を伝達することができなくなる。一般的に、射出屈折面側の方が光束が小さくなるため、他の収差に影響を与えることなく射出瞳位置の調整ができる。そのため、射出屈折面を回転非対称面で構成すると、効果的に射出瞳位置の非対称性を補正することができる。

【0090】

なお、以上の第2～7の発明において、反射面がX方向とY方向、つまり、軸上主光線に対して垂直でありかつ互いに直交する2方向で符号が異なる場合は、少なくとも一方向が各発明で規定したパワーで構成されていればよい。すなわち、少なくとも有効範囲の一部がこのようなパワーで構成されていれば、本発明の範囲に含まれる。

【0091】

なお、反射面の中少なくとも1面を回転対称面で構成しても構わない。これにより、面形状等を測定するときの基準を設定しやすくなり、製造時に有利になる。

【0092】

なお、本発明の構成で、全ての反射面を回転対称面で構成することは既に本発明者が考えついている事項であるが、これは本発明の目的を効果的に達成できないため望ましくない。

【0093】

次に、本発明の目的をさらに効果的に達成できる第1～9の発明の実像式変倍ファインダの詳細について説明する。

【0094】

上記の第1、2、4、5、6、7の発明の何れかにおいて、対物光学系には、前記反射面の他に少なくとも3群を有していることが望ましい。

【0095】

第1、2、4、5、6、7の発明でも、第3の発明で説明したように、少なくとも3群構成することにより小型化、高性能化を達成できる。

【0096】

上記の場合及び第8、9の発明の何れかにおいて、対物光学系には少なくとも1つの固定群を有していることが望ましい。同様に、少なくとも1つの固定群を含むことにより、製造誤差による性能劣化を軽減することができる。

【0097】

第1～9の発明の何れかにおいて、対物光学系の移動群は反射面を有していない屈折光学系であることが望ましい。

【 0 0 9 8 】

変倍群をそれぞれ屈折光学系と反射光学系で構成した場合を説明する。例えば、図 2 2 の屈折光学系の場合、まず、負の第 1 レンズ L_1 で虚像を形成し（黒丸）、正の第 2 レンズ L_2 はその虚像を物点位置として実像を形成している（白丸）。ここで、第 2 レンズ L_2 の横倍率 m は近軸理論と図より、 $m = -1' / 1$ となるので、この例の場合は比較的大きな横倍率（ほぼ -1 倍）を持っている。そのため、第 2 レンズ L_2 を移動させると効果的に変倍効果を上げることができる。しかしながら、例えば第 2 レンズ L_2 に対して第 1 レンズ L_1 の虚像があまりに遠いと（1 が大きいと）、小さい横倍率しか設定できなくなる。このような小さい横倍率の群を移動しても、移動量の割に 1 の変化量が少なくなるので、横倍率はあまり変化しなくなり変倍効果は薄くなる。すなわち、変倍光学系を構成するには、横倍率の大きい群を形成しなければならない。

【 0 0 9 9 】

一方、反射面でこれと同じ光学系を構成した例を図 2 3 に示す（正の第 2 レンズをプリズム P とプリズム化した）。反射面はプリズム P の入射面からさらに像側に入った面に配置されているので、主点位置もプリズム入射面に対してかなり奥に配置されてしまう。これでは、負の第 1 レンズ L_1 が形成した虚像との間隔 1 を物理的に小さくすることができなくなるので、プリズムの横倍率は大きく設定することができない。よって、これを変倍のために移動しても効果的に変倍するのは難しくなってくる。

【 0 1 0 0 】

したがって、変倍のために移動する群は反射面を有していない屈折光学系で構成するのが効果的である。

【 0 1 0 1 】

また、一般的に、面を光軸に対して傾けると、垂直に入射させた場合に比べて必ず有効範囲は大きくなる。なお、図 2 3 より明らかなように、反射面の有効部が入射面、射出面の有効部と重ならないように構成すると、入射面～反射面、あるいは、反射面～射出面の間隔を大きくしなければならないので、1 つのエレメントの大きさ自体を比べると、屈折光学系の方が明らかに小さくなる。そのため

、小型化の点でも屈折光学系を用いるのが望ましい。

【0102】

第1、2、4、7、8、9の発明の何れかにおいて、対物光学系には少なくとも1つの正群と2つの負群を有する全体として負の群を有していることが望ましい。第1、2、4、7、8、9の発明においても、第2の発明で説明したように、負の群を設けることにより効果的に小型化と高変倍比が達成できる。一方、第2の発明で触れたように、少なくとも3群を有することにより高性能化を達成できる。

【0103】

このとき、全体として負の群内の3群のパワーを適切に構成するとより高性能を達成することが可能になる。全体として負のパワーを構成するためには、負の群を多くしてパワーを分割して収差発生量を小さくするのが好ましいし、正の群を構成して収斂作用により残存する収差を補正する必要もある。

【0104】

そのため、全体として負の群を少なくとも2つの負群と1つの正群で構成する。このパワー構成によりバランスの良い収差補正が可能になる。

【0105】

この場合、その全体として負の群は反射面の物体側に配置されていることが望ましい。効果的に負の群と反射面を組み合わせる小型化を達成するためには、第2の発明で説明したような構成にするのが好ましい。すなわち、その全体として負の群を反射面の物体側に配置するのが好ましい。

【0106】

また、全体として負の群は全て反射面を有さない屈折レンズで構成されていることが望ましい。上記で説明したように、反射面を含むとエレメント自体は必ずしも小さくならない。そのため、全体として負の群は全て反射面を有さない屈折レンズで構成するのが小型化の点で好ましい。

【0107】

また、全体として負の群の焦点距離は次の条件式を満たすことが望ましい。

【0108】

$$0.02 < f_w / f_{\text{neg}} < 0.9 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_w は広角端における対物光学系全体の焦点距離、 f_{neg} は全体として負の群の焦点距離である（絶対値）。

【0109】

この条件式の下限の0.02を越えると、負のパワーが弱くなりすぎて光学系が大型化してしまい、上限の0.9を越えると負のパワーが強くなりすぎて性能が劣化してしまう。

【0110】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0111】

$$0.05 < f_w / f_{\text{neg}} < 0.7 \quad \dots (3-1)$$

また、全体として負の群内の各群の焦点距離を適切に設定するために、次の条件式を満たすのがよい。

【0112】

$$0.2 < |f_N / f_P| < 1.7 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_P は前記全体として負の群内の最も正のパワーの強い群の焦点距離、 f_N は前記全体として負の群内の最も負のパワーの強い群の焦点距離である。

【0113】

この条件式の上限の1.7を越えると、全体として負の群のパワーが弱くなりすぎて小型化を達成できないか、正のパワーが強すぎて性能劣化してしまう。また、下限の0.2を越えると、負のパワーが強すぎて性能劣化してしまうか、正のパワーが弱すぎて収斂効果による収差補正、例えばディストーション補正ができなくなってしまう。

【0114】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0115】

$$0.35 < |f_N / f_P| < 1.2 \quad \dots (4-1)$$

第1、3、5、6、8、9の何れかの発明において、対物光学系には少なくとも2つの正群と1つの負群を有する全体として正のパワーの群を有していること

が望ましい。第1、3、5、6、8、9の発明においても、第3の発明で説明したように、正の群を含むことにより効果的に小型化と高変倍比が達成でき、また、少なくとも3群で構成することにより高性能化を達成できる。

【0116】

このとき、正の群内の3群のパワーを適切に構成するとより高性能を達成することが可能になる。全体として正のパワーを構成するためには、正の群を多くしてパワーを分割して収差発生量を小さくするのが好ましいし、負の群を設けて発散作用により残存する収差を補正する必要もある。

【0117】

そのため、正の群を少なくとも2つの正群と1つの負群で構成する。このパワー構成によりバランスの良い収差補正が可能になる。

【0118】

この場合、その正の群は像反転光学系の物体側に配置されていることが望ましい。効果的に正の群と反射面を組み合わせる小型化を達成するためには、第3の発明で説明したような構成にするのが好ましい。すなわち、その正の群を反射面の物体側に配置するのが好ましい。

【0119】

また、正の群は全て反射面を有さない屈折レンズで構成されていることが望ましい。上記で説明したように、反射面を含むとエレメント自体は必ずしも小さくならない。そのため、正の群は全て反射面を有さない屈折レンズで構成するのが小型化の点で好ましい。

【0120】

また、正の群の焦点距離は次の条件式を満たすことが望ましい。

【0121】

$$0.7 < f_w / f_{pos} < 3.0 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_w は広角端における対物光学系全体の焦点距離、 f_{pos} は正の群の焦点距離である。

【0122】

この条件式の下限の0.7を越えると、正のパワーが弱くなりすぎて光学系が

大型化してしまい、上限の3.0を越えると、正のパワーが強くなりすぎて性能が劣化してしまう。

【0123】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0124】

$$1. \quad 0 < f_w / f_{\text{pos}} < 2.5 \quad \dots (5-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0125】

$$1. \quad 6 < f_w / f_{\text{pos}} < 2.1 \quad \dots (5-2)$$

また、その正の群内の最も正のパワーの強い群と最も負のパワーの強い群は次の条件式を満たすことが望ましい。

【0126】

$$0. \quad 8 < |f_p / f_N| < 2.5 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_p は正の群内の最も正のパワーの強い群の焦点距離、 f_N は正の群内の最も負のパワーの強い群の焦点距離である。

【0127】

この条件式の上限の2.5を越えると、正の群のパワーが弱くなりすぎて小型化を達成できないか、あるいは負のパワーが強すぎて性能劣化してしまう。また下限の0.8を越えると、正のパワーが強すぎて性能劣化してしまうか、負のパワーが弱すぎて発散効果による収差補正、例えばディストーション補正ができなくなってしまう。

【0128】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0129】

$$1. \quad 1 < |f_p / f_N| < 2.0 \quad \dots (6-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0130】

$$1. \quad 3.5 < |f_p / f_N| < 1.8 \quad \dots (6-2)$$

また、正の群の中少なくとも1つの群が変倍中固定であることが望ましい。製

造誤差による性能劣化を軽減するために、第3の発明で説明したように、少なくとも1つの群を変倍中固定にするのが好ましい。

【0131】

第1～9の発明の何れかにおいて、対物光学系は、物体側から順に、負の第1群、正の第2群、正の第3群を有し、少なくとも第1群が固定群であることが望ましい。

【0132】

対物光学系は像反転光学系を配置するためにバックフォーカスを確保しなければならないことは既に述べた。本発明では、像反転光学系の反射面にパワーを付与することにより実質的なバックフォーカスの制限を緩和している。しかしながら、光学的にバックフォーカスの制限を緩和しても、物理的にはそこに像反転光学系を配置できるスペースを確保しなければならない。そのため、像反転光学系よりも物体側の対物光学系の構成は、バックフォーカスのとりやすいパワー配置にするのが好ましい。

【0133】

像反転光学系よりも物体側に正の群を配置する場合、物体側から負、正とレトロフォーカスタイプに構成することにより主点を中間結像面側に移動することができ、バックフォーカスをとりやすい。一方、性能面を考慮すると、少なくとも3群で構成するのが好ましいことは第3の発明で説明した。

【0134】

そこで、対物光学系は、物体側から順に、少なくとも負の第1群、正の第2群、正の第3群で構成する。このように構成すれば、レトロフォーカスタイプの正パワーを2つに分割することができるので、バックフォーカスを確保できると同時に、収差発生量を減少させることができ高性能を達成できる。

【0135】

第1～9の発明の何れかにおいて、対物光学系は、物体側から順に、正の第1群、負の第2群、負の第3群を有していることが望ましい。

【0136】

一方、像反転光学系よりも物体側に負の群を配置する場合について説明する。

対物光学系はその負の群とは別に、実像を形成できるように正の群を配置しなければならない。そのため、その負の群の構成はその正の群との光学的関係を考慮しなければならない。

【0137】

ここで、像反転光学系の反射面に正パワーを付与する場合、その正パワーは大きい横倍率を確保できるように適切にその負の群で形成される虚像位置を配置しないと大型化してしまい、小型化の点で非常に不利になる。すなわち、負の群で形成される虚像位置から正の群の主点位置までの距離を比較的小さくするようにその負の群の主点を中間結像面側に移動する必要がある。

【0138】

ここで、全体のパワーが負の場合、物体側から正、負と構成することにより主点を中間結像面側に移動することができる。一方、性能面を考慮すると、少なくとも3群で構成するのが好ましいことは第3の発明で説明した。

【0139】

したがって、対物光学系は、物体側から順に、少なくとも正の第1群、負の第2群、負の第3群で構成する。このように構成すれば、負パワーを2つに分割することができるので、小型化できると同時に、収差発生量を減少させることができ高性能を達成できる。

【0140】

第1～9の発明の何れかにおいて、対物光学系は、物体側から順に、負の第1群、正の第2群、負の第3群を有していることが望ましい。

【0141】

3枚で構成されるレンズを収差論的に解析すると、最適なパワー配置というものは限られてくる。1つは、単焦点光学系で非常に有名な正、負、正の構成であり、もう1つは、負、正、負である。一方、第1群を正にすると、レンズ径が大きくなってしまい、小型化の点で不利になることがある。

【0142】

そこで、対物光学系を、物体側から順に、少なくとも負の第1群、正の第2群、負の第3群で構成する。このように構成することにより、対物光学系の良好な

収差補正が可能になり、高性能を達成できる。

【0143】

この場合、負の第1群は固定群とすることが望ましい。製造誤差による性能劣化を軽減するために、第3の発明で説明したように、負の第1群を変倍中固定にするのが好ましい。

【0144】

また、第1～3群の合成焦点距離は負であることが望ましい。第2の発明で説明したように、第1～3群の合成焦点距離を負にしてもよい。

【0145】

第1、2、4、7、8、9の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系には、正のパワーを有し、さらに、次の条件式を満たしている反射面を少なくとも1面有していることが望ましい。

【0146】

$$0.015 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 1.5 \quad \dots (7)$$

ただし、 r は軸上主光線が通過する地点での曲率半径、 n は入射射出側の媒質の d 線の屈折率、 θ は反射角、 I_h は中間像面近傍に配した視野絞りの対角長の半分である。

【0147】

反射面にパワーを付与する場合、あまりに強いパワーを与えると、いくら回転非対称面を用いても偏心収差を補正し切れなくなってしまう。そのため、第1、2、4、7、8、9の発明において、少なくとも1面の正パワーの反射面が条件式(7)を満たすのが望ましい。

【0148】

この条件式は、偏心がないときの反射面のパワーが $2n/r$ であることから、反射角 θ を考慮した面のパワー $2n \cdot \tan \theta / r$ を視野絞りの対角長の半分である中間像高のサイズ I_h で正規化していることを意味している。

【0149】

この条件式の上限の1.5を越えると、反射面のパワーが弱すぎて本発明の小型化等が達成できなくなってしまう、下限の0.015を越えると、パワーが強

くなりすぎて偏心収差が補正し切れなくなってしまう。

【0150】

なお、軸上主光線が通過する地点のパワーが、X方向とY方向、つまり、軸上主光線に対して垂直でありかつ互いに直交する2方向で符号が異なる場合は、少なくとも一方向が正パワーでさらにこの条件式を満たしていればよい。

【0151】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0152】

$$0.05 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 0.8 \quad \dots (7-1)$$

また、第1、3、5、6、8、9の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は、負のパワーを有し、さらに、次の条件式を満たしている反射面を少なくとも1面有していることが望ましい。

【0153】

$$0.015 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 1.5 \quad \dots (8)$$

ただし、 r は軸上主光線が通過する地点での曲率半径、 n は入射射出側の媒質の d 線の屈折率、 θ は反射角、 I_h は中間像面近傍に配した視野絞りの対角長の半分である。

【0154】

この条件式の上限の1.5を越えると、反射面のパワーが弱すぎて本発明の小型化等が達成できなくなってしまう、下限の0.015を越えると、パワーが強くなりすぎて偏心収差が補正しきれなくなってしまう。

【0155】

なお、軸上主光線が通過する地点のパワーが、X方向とY方向、つまり、軸上主光線に対して垂直でありかつ互いに直交する2方向で符号が異なる場合は、少なくとも一方向が負パワーでさらにこの条件式を満たしていればよい。

【0156】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0157】

$$0.05 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 0.8 \quad \dots (8-1)$$

また、第1～9の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は少なくとも1面の正の反射面と少なくとも1面の負の反射面を有していることが望ましい。

【0158】

その場合、次の条件式を満たしている正と負の反射面を有していることが望ましい。

【0159】

$$0.015 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 1.5 \quad \dots (9)$$

ただし、 r は軸上主光線が通過する地点での曲率半径、 n は入射射出側の媒質の d 線の屈折率、 θ は反射角、 I_h は中間像面近傍に配した視野絞りの対角長の半分である。

【0160】

第6、7の発明について触れたように、同じ符号のパワーの反射面を構成すると、ペッツパール和の補正ができなくなり像面が倒れてしまう。また、同じ収斂作用（又は、発散作用）のみで構成するとバランスがとり難く収差が残存することがある。また、前記で説明したように、反射面にパワーを持たせると、主点位置が光学系の内部奥に入ってしまうがちである。

【0161】

そこで、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は少なくとも1面の正の反射面と少なくとも1面の負の反射面を含むのが好ましい。このようにすれば、ペッツパール和の補正が容易になり、収斂作用と発散作用により収差を打ち消すことができるので補正が容易になる。また、主点位置の移動も比較的簡単になるので、光学系の構成をより最適化できる。

【0162】

またそのとき、前記で説明したように、反射面にあまり強いパワーを付けすぎると性能が劣化してしまう。

【0163】

そのため、それら2つの反射面共条件式(9)を満たすのがよい。

【0164】

この条件式の上限の1.5を越えると、反射面のパワーが弱すぎて本発明の小型化等が達成できなくなってしまう、下限の0.015を越えると、パワーが強くなりすぎて偏心収差が補正し切れなくなってしまう。

【0165】

なお、軸上主光線が通過する地点のパワーが、X方向とY方向、つまり、軸上主光線に対して垂直でありかつ互いに直交する2方向で符号が異なる場合は、少なくとも一方向が正又は負パワーで、さらにこの条件式を満たしていればよい。

【0166】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0167】

$$0.05 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 0.8 \quad \dots (9-1)$$

第1～9の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される反射面が2面あるいは3面であることが望ましい。

【0168】

反射回数が1回だけでは、そこにパワーを付けても収差補正効果をあまり大きくできない。4回以上になると、反射面を配置する占有体積が大きくなるため、小型化を達成できない。2回又は3回で構成すれば、性能と大きさの両方のバランスをとることが可能になる。

【0169】

また、第1～9の何れかの発明において、像反転光学系の中少なくとも1面は全反射面で構成されていることが望ましい。

【0170】

実像式ファインダの場合、像反転できるように反射面を配置しなければならない。しかしながら、反射面を金属コート（Al、Au等）すると、反射率は100%になり得ず、せいぜい85%程度である。ところが、像反転するには一般的に最低でも4回反射させる必要があるので、透過率は52%（ $0.85^4 = 0.52$ ）にまで低下してしまい、観察像が暗くなってしまう。一方、全反射すると反射率は100%になり、光量損失がない。したがって、像反転光学系の中少なくとも1面は全反射面で構成し、光量損失を少なくするのが好ましい。

【0171】

第1～9の何れかの発明において、反射面の中少なくとも1面の反射角は次の条件式を満たしていることが望ましい。

【0172】

$$5^{\circ} < \theta < 60^{\circ} \quad \dots (10)$$

ただし、 θ は軸上主光線の反射角である。

【0173】

第8の発明に関して触れたように、反射面にパワーを付けた場合、一般的に反射角が大きくなると、偏心収差の発生量も大きくなってしまふ。一方、反射角を小さくしすぎると他の光学面の有効部と重なりやすくなり、光学系を構成し難くなってしまふ。そのため、反射面の中少なくとも1面の反射角は条件式(10)を満たすのがよい。ただし、 θ は面の法線と光線のなす角度の中小さい方をとる。すなわち、 θ のとりうる範囲は 0° 以上 90° 未満である。

【0174】

この条件式の上限の 60° を越えると、パワーを付けたときに回転非対称面を用いても偏心収差の発生量が大きくなってしまい、下限の 5° を越えると、他の光学面の有効部と重なりやすくなってしまふ。

【0175】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0176】

$$15^{\circ} < \theta < 45^{\circ} \quad \dots (10-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0177】

$$25^{\circ} < \theta < 40^{\circ} \quad \dots (10-2)$$

第1～9の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系はプリズムで構成され、その入射屈折面は回転非対称面で構成されていることが望ましい。第9の発明に関して説明したのと同様に、入射屈折面を回転非対称面で構成すると、効果的に偏心収差の補正が可能になる。

【0178】

第 1 ～ 9 の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系はプリズムで構成され、その射出屈折面は回転非対称面で構成されていることが望ましい。第 9 の発明に関して説明したのと同様に、射出屈折面を回転非対称面で構成すると、効果的に射出瞳位置の非対称性を補正することができる。

【 0 1 7 9 】

第 1 ～ 9 の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は変倍中は固定であることが望ましい。

【 0 1 8 0 】

像反転光学系は反射面を有していると、前に説明したように、一般的にエレメントの大きさ自体は屈折光学系に比べ大きくなる。そのため、移動させるには機構上大きな負担になってしまう。

【 0 1 8 1 】

一方、移動させるには機構的に余裕を与えておかないとスムーズに動かすことができなくなるので、移動群は少なからず偏心してしまうのは避けられない。特に反射面は誤差に対して屈折面よりも効きが大きくなるので、偏心に対しては不利になる。

【 0 1 8 2 】

したがって、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は変倍中は固定にするのが望ましい。

【 0 1 8 3 】

また、第 1 ～ 9 の何れかの発明において、像反転光学系にはダハ面を含み、総反射回数は 6 回で構成することができる。

【 0 1 8 4 】

像反転光学系の反射回数を多くしすぎると反射面による光量損失が大きくなってしまい、少なくしすぎると第 8 の発明で説明したような 2 つの条件を満たし難くなってしまう。また、反射面にパワーを付与すると反射角の大きさが性能に影響をしてしまうので、適切に反射面を構成しなければならない。一方、ダハ面は 2 回分の反射効果を略 1 面分の体積で達成できるので、小型化に効果的である。

【 0 1 8 5 】

そのため、像反転光学系の総反射回数を6回にし、その中2回分をダハ面で構成する。このように構成することにより、小型化と高性能化を達成することが可能になる。

【0186】

また、第1～9の何れかの発明において、像反転光学系は総反射回数が4回のポロプリズムで構成することができる。このように構成しても同様な効果を得ることができる。

【0187】

また、第1～9の何れかの発明において、対物光学系の射出瞳は回転対称に補正されていることが望ましい。

【0188】

実像式ファインダは、対物光学系で構成した空中像を接眼光学系で観察している。この空中像を接眼光学系に導くには、対物光学系の射出瞳位置と接眼光学系の入射瞳位置を完全に一致させ、瞳を連結させる必要がある。これは、拡散板に結像させてそれを接眼光学系で観察している一眼レフ用のファインダやLED等の像表示装置を接眼光学系で観察するような接眼光学系や結像光学系とは、構成が全く異なっている（これらは空中像を観察する光学系でないので、この条件は絶対条件ではない。）。したがって、本発明のファインダ光学系でもこれを考慮しなければならない。

【0189】

ここで、接眼光学系を回転対称光学系で構成した場合には、対物光学系において射出瞳位置の非対称性が残ったままだと、瞳を連結することができなくなってしまう。これは、像の一部がけられてしまい観察できなくなってしまうことを意味する。

【0190】

したがって、対物光学系の射出瞳位置は回転対称に補正されているのが望ましい。

【0191】

また、第1～9の何れかの発明において、対物光学系に入射する軸上主光線と

接眼光学系から射出する軸上主光線は平行又は略平行に構成されていることが望ましい。

【0192】

この場合、入射する軸上主光線と射出する軸上主光線とのなす角度は次の条件式を満たすことが望ましい。

【0193】

$$0^{\circ} \leq \phi < 20^{\circ} \quad \dots (11)$$

ただし、 ϕ は入射する軸上主光線と射出する軸上主光線のなす角度である。

【0194】

第8の発明に関して説明したように、実像式ファインダの場合、ウェストレベルファインダ等の特別な場合を除き、光線の入射方向と射出方向は平行に構成するのが好ましい。ただし、コンパクトカメラ等のファインダは撮影光学系と別体に設けられるので、撮影範囲と観察範囲がわずかに異なってしまうことがある。それを補正するためにファインダの入射方向を傾けても構わない。この場合、ファインダの入射方向と射出方向はわずかに平行からはずれる。このとき、条件式(11)を満たすのがよい。

【0195】

この条件式の上限の 20° を越えると、撮影範囲と観察範囲がずれすぎてしまう。 0° は平行時である。

【0196】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0197】

$$0^{\circ} \leq \phi < 10^{\circ} \quad \dots (11-1)$$

また、第1～9の何れかの発明において、対物光学系に入射する軸上主光線と中間結像面に入射する軸上主光線のなす角度が次の条件式を満たしていることが望ましい。

【0198】

$$15^{\circ} < \alpha < 75^{\circ}、105^{\circ} < \alpha \leq 180^{\circ} \quad \dots (12)$$

ただし、 α は対物光学系に入射する軸上主光線と中間結像面に入射する軸上主光

線のなす角度である。

【0199】

中間結像面の配置を考慮すると小型化を効果的に達成することができる。中間結像面へ入射する光軸の方向を、入射光軸に対して平行かつ同方向になるように配置した場合、対物光学系の瞳側に接眼光学系を連結するので、光学系全体でみると入射光軸方向（カメラの厚さ方向）には大型化してしまう。また、中間結像面へ入射する光軸の方向を、入射光軸に対して垂直に配置した場合、接眼光学系を連結しても厚さ方向には大きくなり難くなるが、それと垂直の方向には大型化してしまう。

【0200】

このように、中間結像面を適切に配置しないと、反射面の配置をいくら工夫しても一方向が大きくなってしまい、大きさを最適化できない。そのため、中間結像面に入射する光軸方向は、入射光軸に対して傾けるか又は入射光軸に対し逆方向に配置してバランスをとるのが好ましい。したがって、条件式(12)を満たすのがよい。ただし、 α はそれぞれの軸上主光線のなす角度の中小さい方をとる。すなわち、 α のとりうる範囲は 0° 以上 180° 以下である（ 0° はそれぞれの光軸が平行でかつ同方向、 180° は平行でかつ逆方向である。）。この条件式の上限の 75° 、 105° を越えると、入射光軸に対して垂直方向が大きくなってしまい、下限の 15° を越えると、入射光軸方向が大きくなってしまう。

【0201】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0202】

$$30^\circ < \alpha < 60^\circ, 120^\circ < \alpha \leq 180^\circ \quad \dots (12-1)$$

また、第1～9の何れかの発明において、結像作用は対物光学系による1回のみで構成していることが望ましい。

【0203】

像反転方法として結像により反転した像を再度結像させて反転させるリレー光学系がある。しかしながら、この方法では少なくとも2回結像させる必要があり、どうしても光路長は大きくなる。プリズム等の反射面を備えることにより光路

を折り畳めばある程度コンパクト化することは可能であるが、体積的には小型化に限界がある。したがって、結像作用は1回のみにするのが好ましい。

【0204】

また、第1～9の何れかの発明において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系には少なくとも2面の回転非対称面を有していることが望ましい。

【0205】

面を回転非対称面で構成すれば偏心収差を補正することができる。しかしながら、強いパワーを付けるとその偏心収差の発生量も多くなってくる。いくら回転非対称面でも偏心収差の補正能力には限界があり、強いパワーを付けるとその収差は残存してしまう。

【0206】

ここで、回転非対称面を1面のみで構成した場合、他には非対称性を補正する面がないので、この面のみで非対称収差を補正しなければならない。そうすると、実質的にあまり強いパワーを付けられなくなってしまい、本発明の目的を十分に達成することができない。一方、少なくとも2面の回転非対称面を設ければ、1つの面で残存した偏心収差をもう1つの面で打ち消すことができるようになり、強いパワーを付けても性能的な面で改善される。

【0207】

したがって、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系には少なくとも2面の回転非対称面を構成するのがよい。なお、この面は反射面でも屈折面でも構わない。

【0208】

第2～9の何れかの発明において、次の条件式を満たすことが望ましい。

【0209】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.7 \quad \dots (13)$$

ただし、 d は対物光学系の第1面から第1反射面までの軸上主光線に沿って測った距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0210】

第2～9の発明でも、第1の発明で説明したように、条件式(13)を満たすのがよい。なお、回転非対称面を用いると、厳密な焦点距離の定義ができなくなる場合がある。以下本発明における焦点距離 f の定義は、軸上主光線と平行な微小高さ h の光線を物体側から入射させ、光学系から射出した光線の軸上主光線となす角度を α （単位はラジアン）としたとき、

$$f = h / \alpha$$

つまり、 h を0に限りなく近づけたときの h / α の極限値を f とする。

【0211】

この条件式(13)の上限の0.7を越えると、小型化を達成することができなくなり、また、下限の0.02を越えると、各群のパワーが強くなりすぎ性能が劣化してしまう。

【0212】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0213】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.4 \quad \dots (13-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0214】

$$0.05 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.25 \quad \dots (13-2)$$

また、第2～9の何れかの発明において、次の条件式を満たすことが望ましい。

【0215】

$$2.5 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (14)$$

ただし、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0216】

第2～9の発明でも、第1の発明で説明したように、条件式(14)を満たすのがよい。この条件式の上限の10.0を越えると、高性能を満足することができなくなり、また、下限の2.5を越えると、変倍比に対する薄型化の効果が鈍ってしまう。

【0 2 1 7】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0 2 1 8】

$$3. \quad 0 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (14-1)$$

さらに好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0 2 1 9】

$$3. \quad 5 \leq f_t / f_w \leq 7.0 \quad \dots (14-2)$$

なお、本発明は、以上のような実像式変倍ファインダを撮影光学系とは別体に備え、撮影光学系へ入射する軸上主光線と略平行の軸上主光線が入射するその実像式変倍ファインダに入射する撮像装置を含むものである。

【0 2 2 0】

【発明の実施の形態】

本発明の実像式変倍ファインダの数値実施例 1～3 について説明する。なお、各実施例の構成パラメータは後に示す。

【0 2 2 1】

各実施例において、後記の数値データに示すように、光学系の特定の面（面番号 8 と面番号 14（実施例 1）、面番号 8（実施例 2）、面番号 7（実施例 3）の中心をそれ以降の偏心光学系の原点とする。なお、実施例 1 において、面番号 14 で与えられる面は仮想面であり、その面はその前の面番号 13 の視野マスクの中心から軸上光線に沿って面間隔 0.200 mm 進んだ位置に中心が定められ、それがそれ以降の偏心光学系の原点となる。軸上主光線は、物体中心（図では省略）を出て、絞りの中心を通る光線で定義する。

【0 2 2 2】

実施例 1 については面番号 8、実施例 2 については面番号 8、実施例 3 については面番号 7 の中心の原点について定められる座標系に関しては、物体中心から光学系の第 1 面まで軸上主光線に沿って進む方向を Z 軸方向、軸上主光線が第 1 プリズム P1（図 1～図 9）内で折り曲げられる平面を Y-Z 平面とし、この Y-Z 平面内の Z 軸に直交する方向に Y 軸をとる。物点から光学系の第 1 面に向かう方向を Z 軸の正方向とし、Y 軸の正方向を図の上方向にとる。そして、Y 軸、

Z軸と右手直交座標系を構成する軸をX軸とする。

【0223】

また、実施例1の面番号14の中心の原点について定められる座標系に関しては、面番号8の中心の原点について定められた上記座標系の原点を面番号14の中心に平行移動したものがそれ以降の偏心光学系を決める座標系となる（面番号14の仮想面の偏心を表す「偏心（5）」の α が-44.992となっているのはその意味であり、面番号13の「偏心（4）」の α :44.992を元に戻す（ α :0）との意味である。）。

【0224】

実施例1～3では、上記Y-Z平面内で各面の偏心を行っており、また、各回転非対称自由曲面の唯一の対称面をY-Z面としている。

【0225】

偏心面については、上記で定めた座標系の原点の中心から、その面の面頂位置の偏心量（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれ x 、 y 、 z ）と、その面の中心軸（自由曲面については、下記（A）式のZ軸、非球面については、下記（D）式のZ軸）のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ α 、 β 、 γ ）とが与えられている。なお、その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。

【0226】

また、各実施例の光学系を構成する光学作用面の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には面間隔が与えられており、その他、媒質の屈折率、アッベ数が慣用法に従って与えられている。

【0227】

また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は以下（A）式により定義し、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0228】

$$Z = C_2 X + C_3 Y + C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2$$

$$\begin{aligned}
& + C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 X Y^2 + C_{10} Y^3 \\
& + C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} X Y^3 + C_{15} Y^4 \\
& + C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} X Y^4 \\
& \quad \quad \quad + C_{21} Y^5 \\
& + C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 \\
& \quad \quad \quad + C_{27} X Y^5 + C_{28} Y^6 \\
& + C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 \\
& \quad \quad \quad + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} X Y^6 + C_{36} Y^7 \\
& \quad \quad \quad \dots \dots \dots \\
& \quad \quad \quad \dots \dots (A)
\end{aligned}$$

ただし、 C_j (j は 2 以上の整数) は係数である。

【0 2 2 9】

上記自由曲面は、一般的には、 $X-Z$ 面、 $Y-Z$ 面共に対称面を持つことはないが、 X の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $Y-Z$ 面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式においては、 C_2 、 C_5 、 C_7 、 C_9 、 C_{12} 、 C_{14} 、 C_{16} 、 C_{18} 、 C_{20} 、 C_{23} 、 C_{25} 、 C_{27} 、 C_{29} 、 C_{31} 、 C_{33} 、 C_{35} ・・・の各項の係数を 0 にすることによって可能である。

【0 2 3 0】

また、 Y の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $X-Z$ 面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。例えば、上記定義式においては、 C_3 、 C_5 、 C_8 、 C_{10} 、 C_{12} 、 C_{14} 、 C_{17} 、 C_{19} 、 C_{21} 、 C_{23} 、 C_{25} 、 C_{27} 、 C_{30} 、 C_{32} 、 C_{34} 、 C_{36} ・・・の各項の係数を 0 にすることによって可能である。

【0 2 3 1】

なお、データの記載されていない非球面に関する項は 0 である。屈折率については、 d 線 (波長 5 8 7. 5 6 nm) に対するものを表記してある。長さの単位は mm である。

【0 2 3 2】

また、他の自由曲面の定義式として以下の (B) 式で与えられる Z e r n i k e 多項式がある。この面の形状は以下の式により定義する。その定義式の Z 軸が

Zernike 多項式の軸となる。回転非対称面の定義は、X-Y 面に対する Z の軸の高さの極座標で定義され、R は X-Y 面内の Z 軸からの距離、A は Z 軸回りの方位角で、X 軸から測った回転角で表せられる。

【0233】

$$x = R \times \cos(A)$$

$$y = R \times \sin(A)$$

$$Z = D_2$$

$$+ D_3 R \cos(A) + D_4 R \sin(A)$$

$$+ D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A)$$

$$+ D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3R^3 - 2R) \cos(A)$$

$$+ D_{10} (3R^3 - 2R) \sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A)$$

$$+ D_{12} R^4 \cos(4A) + D_{13} (4R^4 - 3R^2) \cos(2A)$$

$$+ D_{14} (6R^4 - 6R^2 + 1) + D_{15} (4R^4 - 3R^2) \sin(2A)$$

$$+ D_{16} R^4 \sin(4A)$$

$$+ D_{17} R^5 \cos(5A) + D_{18} (5R^5 - 4R^3) \cos(3A)$$

$$+ D_{19} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \cos(A)$$

$$+ D_{20} (10R^5 - 12R^3 + 3R) \sin(A)$$

$$+ D_{21} (5R^5 - 4R^3) \sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A)$$

$$+ D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24} (6R^6 - 5R^4) \cos(4A)$$

$$+ D_{25} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \cos(2A)$$

$$+ D_{26} (20R^6 - 30R^4 + 12R^2 - 1)$$

$$+ D_{27} (15R^6 - 20R^4 + 6R^2) \sin(2A)$$

$$+ D_{28} (6R^6 - 5R^4) \sin(4A) + D_{29} R^6 \sin(6A) \dots$$

... (B)

なお、X 軸方向に対称な光学系として設計するには、 D_4 、 D_5 、 D_6 、 D_{10} 、 D_{11} 、 D_{12} 、 D_{13} 、 D_{14} 、 D_{20} 、 D_{21} 、 D_{22} ... を利用する。

【0234】

なお、自由曲面の他の定義式の例として、次の定義式 (C) があげられる。

【0235】

$$Z = \sum \sum C_{nm} X^m Y^n$$

例として、 $k=7$ （7次項）を考えると、展開したとき、以下の式で表せる。

【0236】

$$\begin{aligned} Z = & C_2 \\ & + C_3 Y + C_4 |X| \\ & + C_5 Y^2 + C_6 Y |X| + C_7 X^2 \\ & + C_8 Y^3 + C_9 Y^2 |X| + C_{10} Y X^2 + C_{11} |X^3| \\ & + C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3 |X| + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} Y |X^3| + C_{16} X^4 \\ & + C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4 |X| + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2 |X^3| \\ & \quad + C_{21} Y X^4 + C_{22} |X^5| \\ & + C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5 |X| + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3 |X^3| \\ & \quad + C_{27} Y^2 X^4 + C_{28} Y |X^5| + C_{29} X^6 \\ & + C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6 |X| + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4 |X^3| \\ & \quad + C_{34} Y^3 X^4 + C_{35} Y^2 |X^5| + C_{36} Y X^6 + C_{37} |X^7| \\ & \quad \dots (C) \end{aligned}$$

なお、本発明の実施例では、前記（A）式を用いた自由曲面で面形状が表現されているが、上記（B）式、（C）式を用いても同様の作用効果を得られるのは言うまでもない。また、実施例1～3ではX方向のみを対称にして構成しているが、X方向も非対称にしても構わない。また、各面の頂点を同一平面上（Y-Z平面）に構成しているが、その平面から離れた点に構成しても構わない。

【0237】

また、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

【0238】

$$\begin{aligned} Z = & (y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) y^2 / R^2\}^{1/2}] \\ & + A y^4 + B y^6 + C y^8 + D y^{10} + \dots \\ & \dots (D) \end{aligned}$$

ただし、Zを光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、yを光軸と垂直な方向にとる。ここで、Rは近軸曲率半径、Kは円錐定数、A、B、C、D、…はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。この定義式のZ軸

が回転対称非球面の軸となる。

【0239】

なお、数値実施例1～3は、瞳面から -0.5 m^{-1} （物体側2000mm）で虚像を結ぶようにしているが、レンズデータ上では瞳面から31.62mm（ $=\sqrt{1000}\text{ mm}$ ）離れたポイントに焦点距離31.62mmの理想レンズを配置した結像系として構成している。

【0240】

また、これら実施例のプリズム及び屈折レンズは全てプラスチックで構成しているが、ガラスで構成しても構わない。特に、プラスチックで構成する場合には、低吸湿材料を用いることにより環境変化による性能劣化が軽減されるので好ましい（例えば、日本ゼオン社のゼオネックス等がある）。

【0241】

また、対物光学系、接眼光学系の屈折レンズの中、球面で構成している面を回転対称非球面で構成しても構わない。また、同様に、球面又は非球面で構成している面を非回転対称の自由曲面で構成しても構わない。

【0242】

また、フレア光線をカットするために、プリズム入射面前、射出面後、あるいは、移動レンズ群、固定レンズ群の前又は後にフレア絞りを配置しても構わない。また、枠によりフレア光線をカットするように構成してもよいし、別の部材を配置してもよい。

【0243】

また、各実施例の像反転光学系はこれらの例に限定されるものではなく、他のプリズムタイプで構成しても構わない。

【0244】

また、光量損失を軽減するため、レンズ、プリズムに反射防止コートを施しても構わない。

【0245】

また、視度調整を行うため、ズームによる移動とは別にレンズを移動させても構わない。例えば、接眼レンズ、対物レンズ、プリズムを移動させても構わない。

。なお、1枚に限らず2枚以上移動させてもよく、接眼レンズと対物レンズ等別の作用を持つ光学系の両方を動かしても構わない。

【0246】

なお、回転非対称面を用いた場合の焦点距離の定義は前記に示した。ここでの計算法は、縦方向で測った計算法であったため、球面収差の影響が出る場合があった。そのため、横方向で測った焦点距離を使用しても構わない。ただし、この方法はディストーションの影響を受けるので、適宜収差の影響を受け難い計算法を選択するのが好ましい。以下、本発明における2つめの焦点距離 f の定義は、軸上主光線に対して微小角度 $\Delta\beta$ （単位はラジアン）の光線を物体側から入射させ、光学系が形成した像高を ΔI_h としたとき、

$$f = \Delta I_h / \Delta\beta$$

とする。

【0247】

（実施例1）

実施例1の軸上主光線1を含むY-Z断面図を図1～図3に示す。図1は広角端、図2は標準状態、図3は望遠端での断面図である。

【0248】

実施例1は、X方向半画角 $13.62^\circ \sim 6.18^\circ \sim 2.77^\circ$ 、Y方向半画角 $19.80^\circ \sim 9.14^\circ \sim 4.12^\circ$ 、瞳径は $\phi 5\text{ mm}$ であり、中間結像サイズは $4.24 \times 6.30\text{ mm}$ （対角のサイズは 7.59 mm 、最大像高は 3.80 mm ）、ファインダ倍率は $0.42 \sim 0.93 \sim 2.08$ 倍であり、また、回転対称光学系の焦点距離に換算すると、対物光学系は $8.75 \sim 19.57 \sim 43.75\text{ mm}$ に相当し、接眼光学系は 21.0 mm である。

【0249】

実施例1は、物体側から光の通る順に、像側に回転対称非球面を有した両凸の正レンズからなる固定の第1レンズ群G1、像側に回転対称非球面を有した両凹の負レンズからなる移動群の第2レンズ群G2、物体側に回転対称非球面を有した瞳側に凸の負メニスカスレンズからなる移動群の第3レンズ群G3、図示しないフレア絞り、正パワーの第1透過面11、正パワーの第1反射面12、Y方向

が負パワー、X方向が正パワーの第2反射面13、負パワーの第3反射面14、Y方向が負パワー、X方向が正パワーの第2透過面15から構成される第1プリズムP1からなる対物光学系、視野範囲を規定する視野マスクM、正パワーの第1透過面21、第1反射面22、ダハ面からなる第2反射面23、第2透過面24からなる正パワーの第2プリズムP2と、物体側に回転対称非球面を有する両凸の正レンズからなる接眼光学系ELで構成されている。図中、EPは射出瞳（数値データ中の絞りに相当）を示す。なお、第1プリズムP1の第2透過面15と第2反射面13、第2プリズムP2の第2透過面24と第1反射面22をそれぞれ透過作用と反射作用を併せ持つ同一光学作用面で構成している。また、第1プリズムP1の第1透過面11、第1反射面12、第2反射面（＝第2透過面）13、第3反射面14を自由曲面で構成している。

【0250】

また、第1プリズムP1は、光の進行方向に対し第1反射面12、第2反射面13での軸上主光線1がそれぞれ同方向に曲がるように構成し、第3反射面14でそれとは逆の方向に曲がるような光路をとっている。また、第2プリズムP2は、光の進行方向に対し第1反射面22と第2反射面23での軸上主光線1がそれぞれ別方向に曲がるような光路をとっている。

【0251】

また、この実施例では、第2プリズムP2の第1反射面22、ダハ面で構成される第2反射面23を平面にしているが、非球面あるいは自由曲面にしても構わない。また、第2プリズムP2の第1透過面21は球面にしているが、回転対称非球面あるいは自由曲面にしても構わない。

【0252】

また、第1プリズムP1、第2プリズムP2内を通過する軸上主光線1は同一平面上に含まれるように構成しているが、カメラ内のレイアウトに合わせてこれをねじれの位置になるように構成してもよい。

【0253】

なお、後記の数値データ中の第9面から第14面までは基準面1を、第15面から第18面までは基準面2を基準とした偏心量を表している（第14面の「偏

心 (5) 」の意味は前記した通り。) 。また、像面 I は Z 軸に対して略垂直である。

【 0 2 5 4 】

(実施例 2)

実施例 2 の軸上主光線 1 を含む Y - Z 断面図を図 4 ~ 図 6 に示す。図 4 は広角端、図 5 は標準状態、図 6 は望遠端での断面図である。

【 0 2 5 5 】

実施例 2 は、X 方向半画角 $13.74^{\circ} \sim 5.79^{\circ} \sim 3.66^{\circ}$ 、Y 方向半画角 $19.82^{\circ} \sim 8.51^{\circ} \sim 5.39^{\circ}$ 、瞳径は $\phi 4 \text{ mm}$ であり、中間結像サイズは $3.96 \times 5.84 \text{ mm}$ (対角のサイズは 7.06 mm 、最大像高は 3.53 mm)、ファインダ倍率は $0.4 \sim 0.96 \sim 1.52$ 倍であり、また、回転対称光学系の焦点距離に換算すると、対物光学系は $8.10 \sim 19.52 \sim 30.94 \text{ mm}$ に相当し、接眼光学系は 20.4 mm である。

【 0 2 5 6 】

実施例 2 は、物体側から光の通る順に、像側に回転対称非球面を有した両凹の負レンズからなる固定の第 1 レンズ群 G 1、両面とも回転対称非球面を有した両凸の正レンズからなる移動群の第 2 レンズ群 G 2、第 2 レンズ群 G 2 と一体に動くフレア絞り F S、物体側に回転対称非球面を有した両凹の負レンズからなる移動群の第 3 群 G 3、正パワーの第 1 透過面 1 1、正パワーの第 1 反射面 1 2、正パワーの第 2 透過面 1 3 から構成される第 1 プリズム P 1、負パワーの第 1 透過面 2 1、正パワーの第 1 反射面 2 2、負パワーの第 2 透過面 2 3 から構成される第 2 プリズム P 2 からなる対物光学系、視野範囲を規定する視野マスク M、正パワーの第 1 透過面 3 1、第 1 反射面 3 2、第 2 反射面 3 3、第 2 透過面 3 4 からなる正パワーの第 3 プリズム P 3 と、物体側に回転対称非球面を有する両凸の正レンズからなる接眼光学系 E L で構成されている。図中、E P は射出瞳 (数値データ中の絞りに相当) を示す。なお、第 1 プリズム P 1 の第 1 透過面 1 1、第 1 反射面 1 2、第 2 透過面 1 3、第 2 プリズム P 2 の第 2 透過面 2 3 を自由曲面で構成している。また、第 1 プリズム P 1 ~ 第 3 プリズム P 3 はポロプリズムを形成している。

【0257】

また、この実施例では、第3プリズムP3の第1反射面32、第2反射面33、第2透過面34を平面にしているが、非球面あるいは自由曲面にしても構わない。また、第2プリズムの第1透過面21、第3プリズムP3の第1透過面31は球面にしているが、回転対称非球面あるいは自由曲面にしても構わない。また、第2プリズムP2の第1反射面21は回転対称非球面にしているが、自由曲面にしても構わない。

【0258】

なお、後記の数値データ中の第9面から第18面までは基準面を基準とした偏心量を表している。また、像面IはZ軸に対して略垂直である。

【0259】

(実施例3)

実施例3の軸上主光線1を含むY-Z断面図を図7～図9に示す。図7は広角端、図8は標準状態、図9は望遠端での断面図である。

【0260】

実施例3は、X方向半画角 $12.21^{\circ} \sim 8.75^{\circ} \sim 5.43^{\circ}$ 、Y方向半画角 $20.45^{\circ} \sim 14.86^{\circ} \sim 9.31^{\circ}$ 、瞳径は $\phi 4\text{ mm}$ であり、中間結像サイズは $3.76 \times 6.48\text{ mm}$ （対角のサイズは 6.63 mm 、最大像高は 3.75 mm ）、ファインダ倍率は $0.45 \sim 0.63 \sim 1.01$ 倍であり、また、回転対称光学系の焦点距離に換算すると、対物光学系は $8.69 \sim 12.21 \sim 19.76\text{ mm}$ に相当し、接眼光学系は 19.5 mm である。

【0261】

実施例3は、物体側から光の通る順に、像側に回転対称非球面を有した両凹の負レンズからなる固定の第1レンズ群G1、物体側に回転対称非球面を有した両凸の正レンズからなる移動群の第2レンズ群G2、像側に回転対称非球面を有した両凸の正レンズからなる移動群の第3レンズ群G3、負パワーの第1透過面11、負パワーの第1反射面12、負パワーの第2反射面13、正パワーの第3反射面14、負パワーの第2透過面15から構成される第1プリズムP1からなる対物光学系、視野範囲を規定する視野マスクM、正パワーの第1透過面21、第

1 反射面 2 2、ダハ面からなる第 2 反射面 2 3、第 2 透過面 2 4 からなる正パワーの第 2 プリズム P 2 と、物体側に回転対称非球面を有する両凸の正レンズからなる接眼光学系 E L で構成されている。図中、E P は射出瞳（数値データ中の紋りに相当）を示す。なお、第 1 プリズム P 1 の第 2 透過面 1 5 と第 2 反射面 1 3、第 2 プリズム P 2 の第 2 透過面 2 4 と第 1 反射面 2 2 をそれぞれ透過作用と反射作用を併せ持つ同一光学作用面で構成している。また、第 1 プリズム P 1 の第 1 透過面 1 1、第 1 反射面 1 2、第 2 反射面（＝第 2 透過面）1 3、第 3 反射面 1 4 を自由曲面で構成している。

【0 2 6 2】

また、第 1 プリズム P 1 は、光の進行方向に対し第 1 反射面 1 2、第 2 反射面 1 3 での軸上主光線 1 がそれぞれ同方向に曲がるように構成し、第 3 反射面 1 4 でそれとは逆の方向に曲がるような光路をとっている。また、第 2 プリズム P 2 は、光の進行方向に対し第 1 反射面 2 2 と第 2 反射面 2 3 での軸上主光線 1 がそれぞれ別方向に曲がるような光路をとっている。

【0 2 6 3】

また、この実施例では、第 2 プリズム P 2 の第 1 反射面 2 2、第 2 反射面 2 3、第 2 透過面 2 4 を平面にしているが、非球面あるいは自由曲面にしても構わない。また、第 2 プリズム P 2 の第 1 透過面 1 1 は球面にしているが、回転対称非球面あるいは自由曲面にしても構わない。

【0 2 6 4】

また、第 1 プリズム P 1、第 2 プリズム P 2 内を通過する軸上主光線 1 は同一平面上に含まれるように構成しているが、カメラ内のレイアウトに合わせてこれをねじれの位置になるように構成してもよい。

【0 2 6 5】

なお、後記の数値データ中の第 8 面から第 1 7 面までは基準面を基準とした偏心量を表している。また、像面 I は Z 軸に対して略垂直である。

【0 2 6 6】

以下に、上記実施例 1 ～ 3 の構成パラメータを示す。なお、以下の表中の“F S”は自由曲面、“A S S”は非球面、“R P”は基準面、“H R P”は仮想

面、“RE”は反射面、“FS”はフレア絞り、“FM”は視野マスクをそれぞれ示す。また、ズーム間隔に関して、“WE”、“ST”、“TE”はそれぞれ広角端、標準状態、望遠端を示す。

【0267】

(実施例1)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	3000.000			
1	15.4028	3.050		1.5254	55.8
2	ASS①	d_1			
3	-11.1619	0.800		1.5842	30.5
4	ASS②	d_2			
5	ASS③	0.800		1.4923	57.8
6	-16.2248	d_3			
7	∞ (FS)	1.393			
8	FFS① (RP1)			1.5254	55.8
9	FFS② (RE)		偏心(1)	1.5254	55.8
10	FFS③ (RE)		偏心(2)	1.5254	55.8
11	FFS④ (RE)		偏心(3)	1.5254	55.8
12	FFS③		偏心(2)		
13	∞ (FM)	0.200	偏心(4)		
14	∞ (HRP, RP2)		偏心(5)		
15	20.8562		偏心(6)	1.5254	55.8
16	∞ (RE)		偏心(7)	1.5254	55.8
17	∞ (RE)		偏心(8)	1.5254	55.8
18	∞	1.364	偏心(9)		
19	ASS④	2.100		1.4923	57.8
20	-40.4230	16.500			
21	∞ (絞り)	31.623			
22	∞	32.123			

像 面 ∞

A S S ①

R	-13.1539
K	-8.9795
A	4.1345×10^{-6}
B	1.9813×10^{-7}
C	-8.5142×10^{-9}
D	2.5176×10^{-10}

A S S ②

R	7.2024
K	-1.2095
A	-3.0949×10^{-3}
B	-9.5330×10^{-5}
C	2.2060×10^{-5}
D	-1.0489×10^{-6}

A S S ③

R	-4.6541
K	7.3684×10^{-1}
A	7.0164×10^{-5}
B	9.3388×10^{-5}
C	-1.6029×10^{-5}
D	1.7062×10^{-6}

A S S ④

R	13.8789
K	1.3810
A	-2.0827×10^{-4}
B	5.3546×10^{-6}
C	-2.6643×10^{-7}
D	3.4809×10^{-9}

FFS①

C_4	6.4716×10^{-2}	C_6	5.2950×10^{-2}	C_8	1.8672×10^{-4}
C_{10}	9.0036×10^{-4}	C_{11}	8.9994×10^{-5}	C_{13}	-1.3082×10^{-4}
C_{15}	-5.5337×10^{-6}				

FFS②

C_4	-5.4072×10^{-3}	C_6	-6.2109×10^{-3}	C_8	-1.2935×10^{-5}
C_{10}	-8.3903×10^{-6}	C_{11}	9.1513×10^{-5}	C_{13}	4.8228×10^{-5}
C_{15}	1.3579×10^{-5}				

FFS③

C_4	-7.5330×10^{-3}	C_6	3.3523×10^{-4}	C_8	-9.1171×10^{-5}
C_{10}	-4.5269×10^{-5}	C_{11}	9.0797×10^{-5}	C_{13}	3.3453×10^{-5}
C_{15}	2.7796×10^{-6}				

FFS④

C_4	-7.3414×10^{-3}	C_6	-2.0351×10^{-3}	C_8	5.2113×10^{-5}
C_{10}	3.2070×10^{-5}	C_{11}	9.9675×10^{-5}	C_{13}	-1.1612×10^{-5}
C_{15}	-8.4097×10^{-6}				

偏心(1)

X	0.000	Y	0.000	Z	5.576
α	-38.025	β	0.000	γ	0.000

偏心(2)

X	0.000	Y	10.507	Z	2.969
α	44.977	β	0.000	γ	0.000

偏心(3)

X	0.000	Y	12.293	Z	-4.214
α	15.476	β	0.000	γ	0.000

偏心(4)

X	0.000	Y	18.343	Z	1.831
α	44.992	β	0.000	γ	0.000

偏心(5)

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	-44.992	β	0.000	γ	0.000

偏心(6)

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	45.000	β	0.000	γ	0.000

偏心(7)

X	0.000	Y	3.889	Z	3.889
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

偏心(8)

X	0.000	Y	13.665	Z	-5.887
α	-22.500	β	0.000	γ	0.000

偏心(9)

X	0.000	Y	13.665	Z	3.889
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

ズーム間隔	W E	S T	T E
d_1	0.7199	4.5644	6.2253
d_2	2.4090	1.8184	6.5284
d_3	10.3011	7.0472	0.6763

【 0 2 6 8 】

(実施例 2)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	3000.000			
1	-18.4908	1.000		1.5842	30.5
2	A S S ①	d_1			
3	A S S ②	3.500		1.5254	55.8
4	A S S ③	1.000			
5	∞ (F S)	d_2			

6	A S S ④	1.000	1.5842	30.5
7	4.6567	d_3		
8	F F S ① (R P)		1.5254	55.8
9	F F S ② (R E)	偏心(1)	1.5254	55.8
10	F F S ③	偏心(2)		
11	-223.4940	偏心(3)	1.5254	55.8
12	A S S ⑤ (R E)	偏心(4)	1.5254	55.8
13	F F S ④	偏心(5)		
14	∞ (F M)	偏心(6)		
15	11.0020	偏心(6)	1.5254	55.8
16	∞ (R E)	偏心(7)	1.5254	55.8
17	∞ (R E)	偏心(8)	1.5254	55.8
18	∞	1.250 偏心(9)		
19	A S S ⑥	2.300	1.4924	57.6
20	-18.3020	16.200		
21	∞ (絞リ)	31.623		
22	∞	32.123		

像 面 ∞

A S S ①

R	5.5834
K	0.0000
A	-1.7911×10^{-3}
B	4.8896×10^{-6}
C	2.3204×10^{-6}
D	-1.6745×10^{-7}

A S S ②

R	4.9176
K	-3.4370
A	1.7731×10^{-3}

B -1.4020×10^{-4}

C 7.9644×10^{-6}

D -2.0335×10^{-7}

ASS③

R -7.2573

K 0.0000

A 1.1263×10^{-3}

B -6.7780×10^{-5}

C 5.6602×10^{-6}

D -1.7280×10^{-7}

ASS④

R -12.0229

K 0.0000

A 3.5103×10^{-3}

B -5.8117×10^{-4}

C 4.7020×10^{-5}

D -3.1084×10^{-7}

ASS⑤

R -292.2265

K 0.0000

A -1.5887×10^{-5}

B 8.5387×10^{-10}

C 2.0212×10^{-8}

D -4.6765×10^{-10}

ASS⑥

R 21.7188

K 0.0000

A -1.4004×10^{-4}

B 5.4915×10^{-6}

$$C \quad -2.0055 \times 10^{-7}$$

$$D \quad 2.8537 \times 10^{-9}$$

FFS①

$$C_4 \quad 4.8871 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad 4.2387 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -2.3012 \times 10^{-3}$$

$$C_{10} \quad 6.8540 \times 10^{-4} \quad C_{11} \quad -1.1256 \times 10^{-3} \quad C_{13} \quad -7.7649 \times 10^{-4}$$

$$C_{15} \quad -1.0144 \times 10^{-3} \quad C_{22} \quad -6.8428 \times 10^{-5} \quad C_{28} \quad 5.9237 \times 10^{-5}$$

FFS②

$$C_4 \quad -1.4463 \times 10^{-3} \quad C_6 \quad -1.8423 \times 10^{-3} \quad C_8 \quad -6.4038 \times 10^{-4}$$

$$C_{10} \quad 4.1676 \times 10^{-5} \quad C_{11} \quad -1.4349 \times 10^{-4} \quad C_{13} \quad 2.2752 \times 10^{-4}$$

$$C_{15} \quad 3.6772 \times 10^{-5}$$

FFS③

$$C_4 \quad -3.4496 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad -3.3598 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -1.5818 \times 10^{-3}$$

$$C_{10} \quad -7.1023 \times 10^{-4} \quad C_{11} \quad -1.6051 \times 10^{-4} \quad C_{13} \quad -1.5080 \times 10^{-3}$$

$$C_{15} \quad -6.1996 \times 10^{-4}$$

FFS④

$$C_4 \quad 1.1828 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad 2.3107 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -2.8614 \times 10^{-4}$$

$$C_{10} \quad -6.6202 \times 10^{-4} \quad C_{11} \quad 5.1691 \times 10^{-4} \quad C_{13} \quad 9.9880 \times 10^{-4}$$

$$C_{15} \quad 3.8260 \times 10^{-4}$$

偏心(1)

$$X \quad 0.000 \quad Y \quad 0.000 \quad Z \quad 4.596$$

$$\alpha \quad -37.995 \quad \beta \quad 0.000 \quad \gamma \quad 0.000$$

偏心(2)

$$X \quad 0.000 \quad Y \quad 4.265 \quad Z \quad 3.530$$

$$\alpha \quad 103.996 \quad \beta \quad 0.000 \quad \gamma \quad 0.000$$

偏心(3)

$$X \quad 0.000 \quad Y \quad 5.491 \quad Z \quad 3.230$$

$$\alpha \quad 103.984 \quad \beta \quad 0.000 \quad \gamma \quad 0.000$$

偏心(4)

$$X \quad 0.000 \quad Y \quad 10.165 \quad Z \quad 2.051$$

α 52.019 β 0.000 γ 0.000

偏心(5)

X 0.000 Y 10.147 Z -4.274

α 180.000 β 0.000 γ 0.000

偏心(6)

X 0.000 Y 10.154 Z -5.230

α 180.000 β 0.000 γ 0.000

偏心(7)

X 0.000 Y 10.154 Z -12.500

α 0.000 β -45.000 γ 0.000

偏心(8)

X 8.000 Y 10.154 Z -12.500

α 0.000 β 45.000 γ 0.000

偏心(9)

X 8.000 Y 10.154 Z 0.130

α 0.000 β 0.000 γ 0.000

ズーム間隔	W E	S T	T E
d_1	9.8865	2.7237	0.9906
d_2	0.5655	5.1482	9.4105
d_3	1.3880	3.9681	1.4389

【 0 2 6 9 】

(実施例 3)

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	3000.000			
1	-9.9360	0.700		1.5842	30.5
2	A S S ①	d_1			
3	A S S ②	1.650		1.4924	57.6

4	-20.2180	d_2		
5	7.5220	1.900	1.4924	57.6
6	A S S ③	d_3		
7	F F S ① (R P)		1.5254	55.8
8	F F S ② (R E)	偏心(1)	1.5254	55.8
9	F F S ③ (R E)	偏心(2)	1.5254	55.8
10	F F S ④ (R E)	偏心(3)	1.5254	55.8
11	F F S ③	偏心(2)		
12	∞ (F M)	偏心(4)		
13	12.3160	偏心(4)	1.5174	52.4
14	∞ (R E)	偏心(5)	1.5174	52.4
15	∞ (R E)	偏心(6)	1.5174	52.4
16	∞	偏心(5)		
17	∞ (H R P)	1.493 偏心(7)		
18	A S S ④	3.100	1.4924	57.6
19	-39.9010	19.820		
20	∞ (絞リ)	31.623		
21	∞	32.123		
像 面	∞			

A S S ①

R	6.4669
K	-1.5785×10^1
A	5.5596×10^{-3}
B	-7.6382×10^{-4}
C	6.5107×10^{-5}
D	-2.4636×10^{-6}

A S S ②

R	7.2658
K	-2.5200×10^{-1}

A -7.5100×10^{-4}
 B 6.8611×10^{-7}
 C 1.3445×10^{-6}
 D -7.6509×10^{-8}

A S S ③

R -11.0384
 K 3.6890×10^{-1}
 A 9.3094×10^{-4}
 B 1.0122×10^{-5}
 C -1.2595×10^{-6}
 D 3.3171×10^{-8}

A S S ④

R 12.5564
 K 2.3643
 A -2.4652×10^{-4}
 B -4.7143×10^{-6}
 C 1.1915×10^{-7}
 D -3.6684×10^{-9}

F F S ①

C_4 -4.0924×10^{-2}	C_6 -5.0754×10^{-2}	C_8 -1.7555×10^{-3}
C_{10} -2.2566×10^{-3}	C_{11} 1.1685×10^{-3}	C_{13} 3.2927×10^{-3}
C_{15} 2.0027×10^{-3}	C_{17} -3.3108×10^{-4}	C_{19} 9.7538×10^{-5}
C_{21} -2.5727×10^{-4}		

F F S ②

C_4 5.4130×10^{-3}	C_6 9.7876×10^{-4}	C_8 -7.5504×10^{-4}
C_{10} -7.0795×10^{-4}	C_{11} 4.0175×10^{-4}	C_{13} 7.7976×10^{-4}
C_{15} 2.2828×10^{-4}	C_{17} -2.4042×10^{-5}	C_{19} 2.2693×10^{-5}
C_{21} -1.5605×10^{-5}		

F F S ③

C_4	1.3818×10^{-2}	C_6	4.3982×10^{-3}	C_8	-7.5513×10^{-4}
C_{10}	-3.0856×10^{-4}	C_{11}	5.4888×10^{-4}	C_{13}	-9.9450×10^{-5}
C_{15}	1.4455×10^{-5}				

F F S ④

C_4	1.2126×10^{-2}	C_6	8.4521×10^{-3}	C_8	-5.9389×10^{-4}
C_{10}	-1.5609×10^{-4}	C_{11}	3.1710×10^{-4}	C_{13}	-1.4026×10^{-4}
C_{15}	-5.8053×10^{-6}	C_{17}	2.5965×10^{-5}	C_{19}	-6.0311×10^{-6}
C_{21}	1.9830×10^{-7}				

偏心(1)

X	0.000	Y	0.000	Z	3.000
α	-38.139	β	0.000	γ	0.000

偏心(2)

X	0.000	Y	6.719	Z	1.359
α	45.083	β	0.000	γ	0.000

偏心(3)

X	0.000	Y	7.851	Z	-3.335
α	15.737	β	0.000	γ	0.000

偏心(4)

X	0.000	Y	10.386	Z	-0.821
α	45.746	β	0.000	γ	0.000

偏心(5)

X	0.000	Y	15.400	Z	4.064
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

偏心(6)

X	0.000	Y	23.609	Z	-3.934
α	-22.873	β	0.000	γ	0.000

偏心(7)

X	0.000	Y	23.609	Z	4.064
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

ズーム間隔	WE	ST	TE
d_1	5.4653	3.0243	0.8800
d_2	1.2847	2.0545	0.7600
d_3	1.0000	2.6712	6.1100

【0270】

次に、上記実施例1～3の横収差図をそれぞれ図10～図12、図13～図15、図16～図18に示す。その中、それぞれ図10、図13、図16は広角端、図11、図14、図17は標準状態、図12、図15、図18は望遠端の収差図である。これらの横収差図において、括弧内に示された数字は（水平（X方向）画角，垂直（Y方向）画角）を表し、その画角における横収差を示す。また、これらの横収差図においては、下から上へ順に、画面中心、Y軸上画角の一約70%の位置、X方向画角の約70%でY方向画角の一約70%の位置、X軸上画角の約70%の位置、X方向画角の約70%でY方向画角の約70%の位置、Y軸上画角の約70%の位置の横収差図である。

【0271】

次に、上記各実施例の条件式（1）～（14）に関する値を示す。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3
$d \cdot f_w / f_t^2$	0.12	0.19	0.33
f_t / f_w	5.00	3.82	2.27
f_w / f_{neg}	0.67	0.10	—
$ f_N / f_P $	0.53	0.91	—
f_w / f_{pos}	—	—	1.88
$ f_P / f_N $	—	—	1.42
$ 2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r $			
第1反射面	X方向	X方向	X方向
	0.099(正)	0.047(正)	0.086(負)

		Y 方向	Y 方向	Y 方向
		0.112(正)	0.050(正)	0.016(負)
	第 2 反射面	X 方向	X 方向	X 方向
		0.287(正)	0.047(正)	0.444(負)
		Y 方向	Y 方向	Y 方向
		0.014(負)	0.050(正)	0.146(負)
	第 3 反射面	X 方向	—	X 方向
		0.096(負)	—	0.149(正)
		Y 方向	—	Y 方向
		0.027(負)	—	0.096(正)
θ				
	第 1 反射面	38.02°	37.99°	38.14°
	第 2 反射面	58.98°	52.00°	58.64°
	第 3 反射面	29.48°	—	29.29°
ϕ		0.0081°	0°	0°
α		45°	180°	45.746°

【0272】

本発明による実像式変倍ファインダは、撮像装置等の撮影光学系として用いることができる。図19～図21は、本発明による実像式変倍ファインダを用いた撮像装置の1実施例のデジタルカメラの概念図を示す。図19はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図20は同後方斜視図、図21はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。この図示するデジタルカメラ40は、撮影用光路42を有する撮影光学系41と、ファインダ用光路44を有するファインダ光学系43と、シャッターボタン45と、フラッシュ46と、液晶表示モニター47を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッターボタン45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41を構成するズームレンズを通して撮影が行われる。ファインダ用光路44上のファインダ光学系43には、例えば実施例2の実像

式変倍ファインダが用いられており、観察者眼球Eはこのファインダの接眼光学系ELを経て被写体像を観察する。また、撮影光学系41によって形成された物体像が、ローパスフィルター、赤外カットフィルター等のフィルターF1、F2を介して電子撮像素子(CCD)49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けてもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書き込みを行なうように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。なお、撮影光学系41及びファインダ光学系43の入射側、接眼光学系ELの射出側にそれぞれカバー部材53、54、55が配置されている。

【0273】

このように構成されたデジタルカメラ40は、ファインダ光学系43として本発明の実像式変倍ファインダを用いているので、高変倍比で小型、薄型化したものが実現できる。

【0274】

以上の本発明の実像式変倍ファインダは例えば次のように構成することができる。

【0275】

〔1〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、複数の移動レンズ群と、少なくとも1面がパワーを有する回転非対称な反射面とを有し、また、各群には少なくとも1面の非球面を有し、さらに、次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0276】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.4 \quad \dots (1)$$

ただし、dは対物光学系の第1面から第1反射面までの軸上主光線に沿って測っ

た距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0277】

〔2〕 上記1において、次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0278】

$$2. \quad 5 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (2)$$

〔3〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、複数の移動レンズ群と、少なくとも1面がパワーを有する回転非対称な反射面とを有し、また、各群には少なくとも1面の非球面を有し、さらに、次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0279】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.7 \quad \dots (1')$$

$$3. \quad 5 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (2')$$

ただし、 d は対物光学系の第1面から第1反射面までの軸上主光線に沿って測った距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0280】

〔4〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から、複数の移動レンズ群を有し、全体として負のパワーを有する前群と、少なくとも1面が回転非対称な面からなる正の反射面を有する後群からなることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0281】

〔5〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像

式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から、各レンズ群に少なくとも1面の非球面を有した少なくとも1つの固定レンズ群と複数の移動レンズ群を有し、全体として正のパワーを有する前群と、少なくとも1面が回転非対称な面からなる負の反射面を有する後群からなることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0282】

〔6〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から順に、複数の移動レンズ群、入射屈折面とそれに続く第1反射面が共に正のパワーを有し少なくとも第1反射面が回転非対称面からなるプリズムを有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0283】

〔7〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、物体側から順に、複数の移動レンズ群、入射屈折面とそれに続く第1反射面が共に負のパワーを有した回転非対称な面からなるプリズムを有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0284】

〔8〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも複数の移動レンズ群と、物体側より順に負、負、正のパワーを持つ反射面とを有し、少なくとも1面の反射面は回転非対称面で構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0285】

〔9〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像

式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも複数の移動レンズ群と、物体側より順に正、正、負のパワーを持つ反射面とを有し、少なくとも1面の反射面は回転非対称面で構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0286】

〔10〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも3群の屈折レンズ群と3面の反射面とからなり、少なくとも1面の反射面が回転非対称面で構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0287】

〔11〕 物体側から順に、正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、

対物光学系は、少なくとも3群の共軸レンズ群と2面の反射面とからなり、少なくとも1面の反射面が回転非対称面で構成され、入射屈折面又は射出屈折面の少なくとも何れかが回転非対称面で構成されたプリズムを有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0288】

〔12〕 上記1、4、6、7、8、9の何れか1項において、対物光学系には、前記反射面の他に少なくとも3群を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0289】

〔13〕 上記10から12の何れか1項において、対物光学系には少なくとも1つの固定群を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0290】

〔14〕 上記1～11の何れか1項において、対物光学系の移動群は反射面を有していない屈折光学系であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0291】

〔15〕 上記1、4、6、9、10、11の何れか1項において、対物光学系には少なくとも1つの正群と2つの負群を有する全体として負の群を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0292】

〔16〕 上記15において、前記全体として負の群は前記反射面の物体側に配置されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0293】

〔17〕 上記15において、前記全体として負の群は全て反射面を有さない屈折レンズで構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0294】

〔18〕 上記15において、前記全体として負の群の焦点距離は次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0295】

$$0.02 < f_w / f_{\text{neg}} < 0.9 \quad \dots (3)$$

ただし、 f_w は広角端における対物光学系全体の焦点距離、 f_{neg} は全体として負の群の焦点距離である。

【0296】

〔19〕 上記15において、前記全体として負の群内の最も正のパワーの強い群と最も負のパワーの強い群は次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0297】

$$0.2 < |f_N / f_P| < 1.7 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_P は前記全体として負の群内の最も正のパワーの強い群の焦点距離、 f_N は前記全体として負の群内の最も負のパワーの強い群の焦点距離である。

【0298】

〔20〕 上記1、5、7、8、10、11の何れか1項において、対物光学系には少なくとも2つの正群と1つの負群を有する全体として正のパワーの群を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0299】

〔21〕 上記20において、前記正の群は像反転光学系の物体側に配置されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0300】

〔22〕 上記20において、前記正の群は全て反射面を有さない屈折レンズで構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0301】

〔23〕 上記20において、前記正の群の焦点距離は次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0302】

$$0.7 < f_w / f_{\text{pos}} < 3.0 \quad \dots (5)$$

ただし、 f_w は広角端における対物光学系全体の焦点距離、 f_{pos} は正の群の焦点距離である。

【0303】

〔24〕 上記20において、前記正の群内の最も正のパワーの強い群と最も負のパワーの強い群は次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0304】

$$0.8 < |f_p / f_N| < 2.5 \quad \dots (6)$$

ただし、 f_p は正の群内の最も正のパワーの強い群の焦点距離、 f_N は正の群内の最も負のパワーの強い群の焦点距離である。

【0305】

〔25〕 上記20において、前記正の群の中少なくとも1つの群が変倍中固定であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0306】

〔26〕 上記1～11の何れか1項において、対物光学系は、物体側から順に、負の第1群、正の第2群、正の第3群を有し、少なくとも第1群が固定群であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0307】

〔27〕 上記1～11の何れか1項において、対物光学系は、物体側から順に、正の第1群、負の第2群、負の第3群を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0308】

〔28〕 上記1～11の何れか1項において、対物光学系は、物体側から順に、負の第1群、正の第2群、負の第3群を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0309】

〔29〕 上記28において、負の第1群は固定群であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0310】

〔30〕 上記28において、第1～3群の合成焦点距離は負であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0311】

〔31〕 上記1、4、6、9、10、11の何れか1項において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系には、正のパワーを有し、さらに、次の条件式を満たしている反射面を少なくとも1面有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0312】

$$0.015 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 1.5 \quad \dots (7)$$

ただし、 r は軸上主光線が通過する地点での曲率半径、 n は入射射出側の媒質の d 線の屈折率、 θ は反射角、 I_h は中間像面近傍に配した視野絞りの対角長の半分である。

【0313】

〔32〕 上記1、5、7、8、10、11において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は、負のパワーを有し、さらに、次の条件式を満たしている反射面を少なくとも1面有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0314】

$$0.015 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 1.5 \quad \dots (8)$$

ただし、 r は軸上主光線が通過する地点での曲率半径、 n は入射射出側の媒質の d 線の屈折率、 θ は反射角、 I_h は中間像面近傍に配した視野絞りの対角長の半分である。

【0315】

〔33〕 上記1～11の何れか1項において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は少なくとも1面の正の反射面と少なくとも1面の負の反射面を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0316】

〔34〕 上記33において、次の条件式を満たしている正と負の反射面を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0317】

$$0.015 < |2n \cdot \tan \theta \cdot I_h / r| < 1.5 \quad \dots (9)$$

ただし、 r は軸上主光線が通過する地点での曲率半径、 n は入射射出側の媒質の d 線の屈折率、 θ は反射角、 I_h は中間像面近傍に配した視野絞りの対角長の半分である。

【0318】

〔35〕 上記1～11の何れか1項において、中間結像面より物体側に配置される反射面が2面であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0319】

〔36〕 上記1～11の何れか1項において、中間結像面より物体側に配置される反射面が3面であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。〔3

7〕 上記1～11の何れか1項において、像反転光学系の中少なくとも1面は全反射面で構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0320】

〔38〕 上記1～11の何れか1項において、反射面の中少なくとも1面の反射角は次の条件式を満たしていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0321】

$$5^\circ < \theta < 60^\circ \quad \dots (10)$$

ただし、 θ は軸上主光線の反射角である。

【 0 3 2 2 】

〔 3 9 〕 上記 1 ～ 1 1 の何れか 1 項において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系はプリズムで構成され、その入射屈折面は回転非対称面で構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【 0 3 2 3 】

〔 4 0 〕 上記 1 ～ 1 1 の何れか 1 項において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系はプリズムで構成され、その射出屈折面は回転非対称面で構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【 0 3 2 4 】

〔 4 1 〕 上記 1 ～ 1 1 の何れか 1 項において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系は変倍中は固定であることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【 0 3 2 5 】

〔 4 2 〕 上記 1 ～ 1 1 の何れか 1 項において、像反転光学系にはダハ面を含み、総反射回数は 6 回で構成したことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【 0 3 2 6 】

〔 4 3 〕 上記 1 ～ 1 1 の何れか 1 項において、像反転光学系は総反射回数が 4 回のポロプリズムで構成したことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【 0 3 2 7 】

〔 4 4 〕 上記 1 ～ 1 1 の何れか 1 項において、対物光学系の射出瞳は回転対称に補正されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【 0 3 2 8 】

〔 4 5 〕 上記 1 ～ 1 1 の何れか 1 項において、対物光学系に入射する軸上主光線と接眼光学系から射出する軸上主光線は平行又は略平行に構成されていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【 0 3 2 9 】

〔 4 6 〕 上記 4 5 において、入射する軸上主光線と射出する軸上主光線のなす角度は次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0330】

$$0^{\circ} \leq \phi < 20^{\circ} \quad \dots (11)$$

ただし、 ϕ は入射する軸上主光線と射出する軸上主光線のなす角度である。

【0331】

〔47〕 上記1～11の何れか1項において、対物光学系に入射する軸上主光線と中間結像面に入射する軸上主光線のなす角度が次の条件式を満たしていることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0332】

$$15^{\circ} < \alpha < 75^{\circ}、105^{\circ} < \alpha \leq 180^{\circ} \quad \dots (12)$$

ただし、 α は対物光学系に入射する軸上主光線と中間結像面に入射する軸上主光線のなす角度である。

【0333】

〔48〕 上記1～11の何れか1項において、結像作用は対物光学系による1回のみで構成していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0334】

〔49〕 上記1～11の何れか1項において、中間結像面より物体側に配置される像反転光学系には少なくとも2面の回転非対称面を有していることを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0335】

〔50〕 上記4～11の何れか1項において、次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0336】

$$0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.7 \quad \dots (13)$$

ただし、 d は対物光学系の第1面から第1反射面までの軸上主光線に沿って測った距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0337】

〔51〕 上記4～11の何れか1項において、次の条件式を満たすことを特徴とする実像式変倍ファインダ。

【0338】

$$2.5 \leq f_t / f_w \leq 10.0 \quad \dots (14)$$

ただし、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離である。

【0339】

【52】 撮影光学系と、前記撮影光学系とは別体に設けられ、前記撮影光学系へ入射する軸上主光線と略平行の軸上主光線が入射する実像式変倍ファインダを有し、前記実像式変倍ファインダは、上記1～51の何れか1項記載の実像式変倍ファインダであることを特徴とする撮影装置。

【0340】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、回転非対称な面を適切に構成することにより、偏心により発生する収差を良好に補正した小型高性能な実像式変倍ファインダを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施例1の実像式変倍ファインダの広角端のY-Z断面図である。

【図2】

本発明の実施例1の実像式変倍ファインダの標準状態のY-Z断面図である。

【図3】

本発明の実施例1の実像式変倍ファインダの望遠端のY-Z断面図である。

【図4】

本発明の実施例2の実像式変倍ファインダの広角端のY-Z断面図である。

【図5】

本発明の実施例2の実像式変倍ファインダの標準状態のY-Z断面図である。

【図6】

本発明の実施例2の実像式変倍ファインダの望遠端のY-Z断面図である。

【図7】

本発明の実施例3の実像式変倍ファインダの広角端のY-Z断面図である。

【図 8】

本発明の実施例 3 の実像式変倍ファインダの標準状態の Y-Z 断面図である。

【図 9】

本発明の実施例 3 の実像式変倍ファインダの望遠端の Y-Z 断面図である。

【図 1 0】

実施例 1 の実像式変倍ファインダの広角端の横収差図である。

【図 1 1】

実施例 1 の実像式変倍ファインダの標準状態の横収差図である。

【図 1 2】

実施例 1 の実像式変倍ファインダの望遠端の横収差図である。

【図 1 3】

実施例 2 の実像式変倍ファインダの広角端の横収差図である。

【図 1 4】

実施例 2 の実像式変倍ファインダの標準状態の横収差図である。

【図 1 5】

実施例 2 の実像式変倍ファインダの望遠端の横収差図である。

【図 1 6】

実施例 3 の実像式変倍ファインダの広角端の横収差図である。

【図 1 7】

実施例 3 の実像式変倍ファインダの標準状態の横収差図である。

【図 1 8】

実施例 3 の実像式変倍ファインダの望遠端の横収差図である。

【図 1 9】

本発明の実像式変倍ファインダを適用するデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図 2 0】

図 1 9 のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図 2 1】

図 1 9 のデジタルカメラの構成を示す断面図である。

【図 2 2】

変倍群を屈折光学系で構成する場合について説明するための図である。

【図 2 3】

変倍群を反射光学系で構成する場合について説明するための図である。

【符号の説明】

L 1 …第 1 レンズ

L 2 …第 2 レンズ

P …プリズム

G 1 …第 1 レンズ群

G 2 …第 2 レンズ群

G 3 …第 3 レンズ群

P 1 …第 1 プリズム

P 2 …第 2 プリズム

P 3 …第 3 プリズム

M …視野マスク

E L …接眼光学系

E P …射出瞳

F S …フレア絞り

I …像面

E …観察者眼球

F 1、F 2 …フィルター

1 …軸上主光線

1 1 …第 1 透過面

1 2 …第 1 反射面

1 3 …第 2 反射面 (第 2 透過面)

1 4 …第 3 反射面

1 5 …第 2 透過面

2 1 …第 1 透過面

2 2 …第 1 反射面

2 3 …第 2 反射面 (第 2 透過面)

2 4 …第 2 透過面

3 1 …第 1 透過面

3 2 …第 1 反射面

3 3 …第 2 反射面

3 4 …第 2 透過面

4 0 …デジタルカメラ

4 1 …撮影光学系

4 2 …撮影用光路

4 3 …ファインダ光学系

4 4 …ファインダ用光路

4 5 …シャッターボタン

4 6 …フラッシュ

4 7 …液晶表示モニター

4 9 …電子撮像素子 (C C D)

5 1 …処理手段

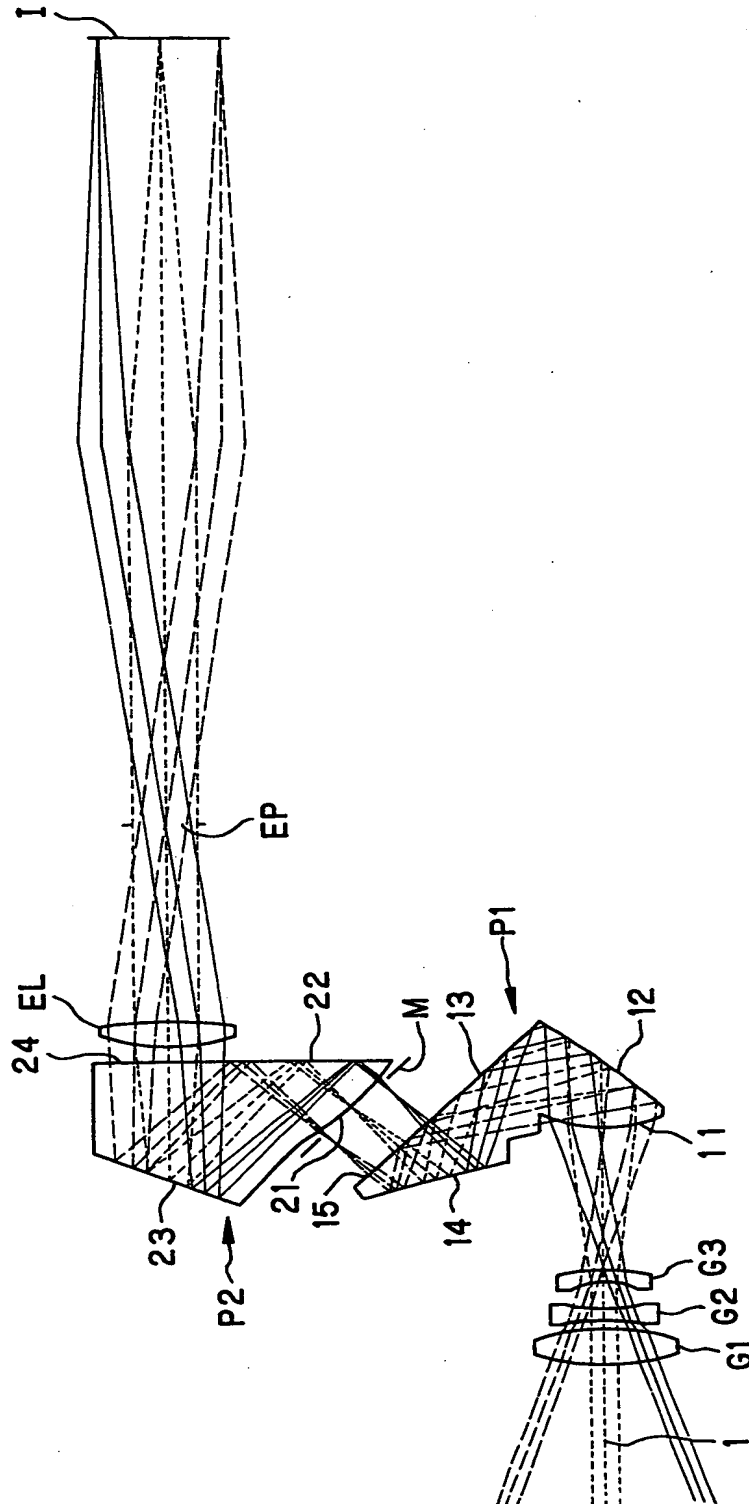
5 2 …記録手段

5 3、5 4、5 5 …カバー部材

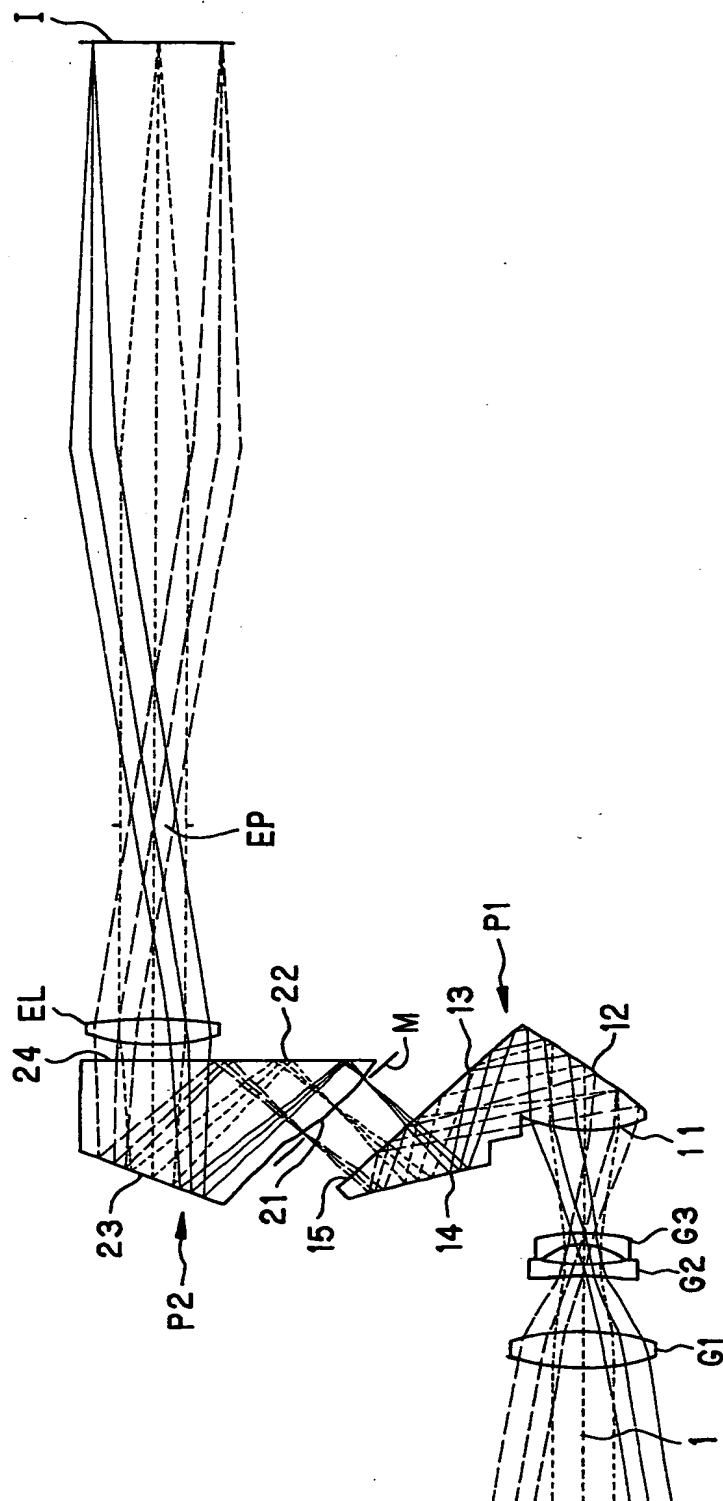
【書類名】

図面

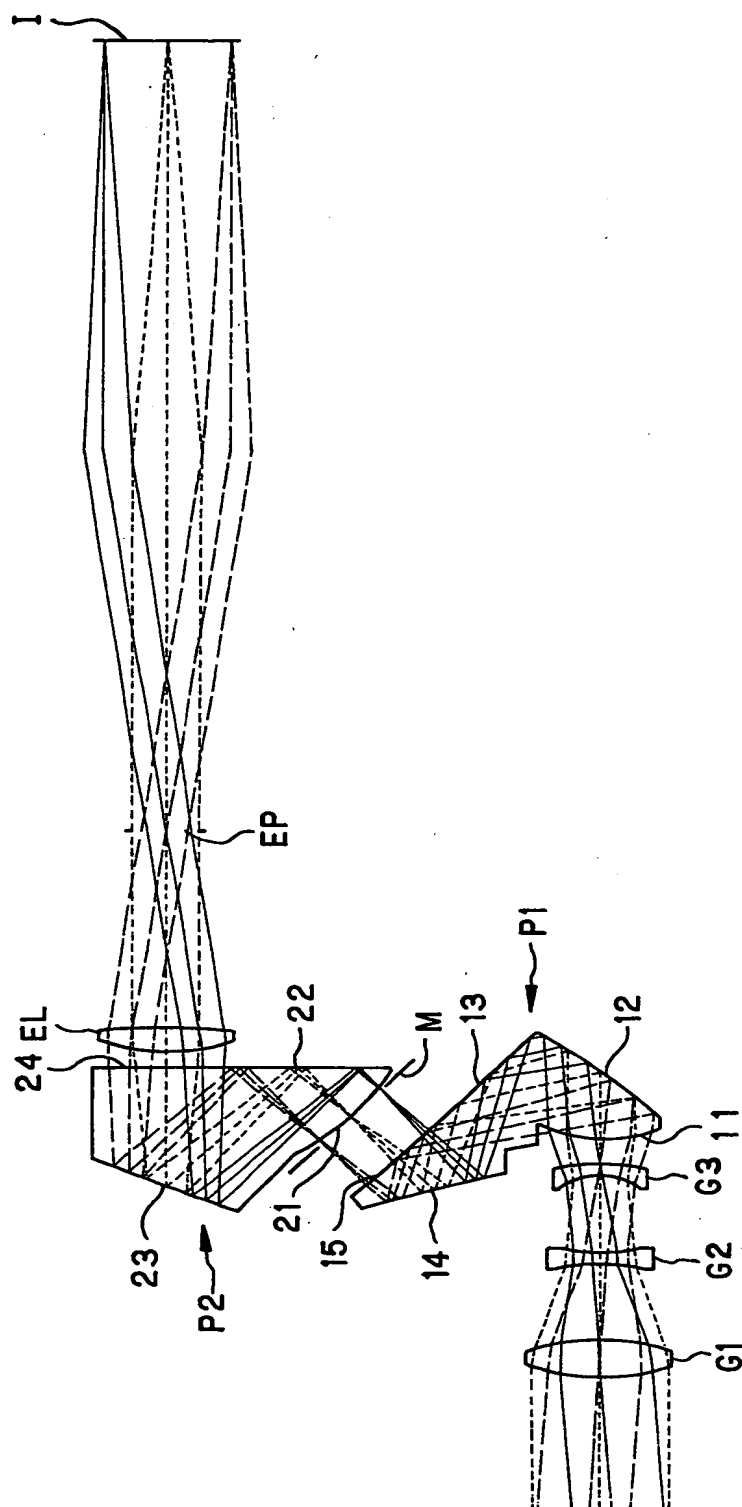
【図 1】



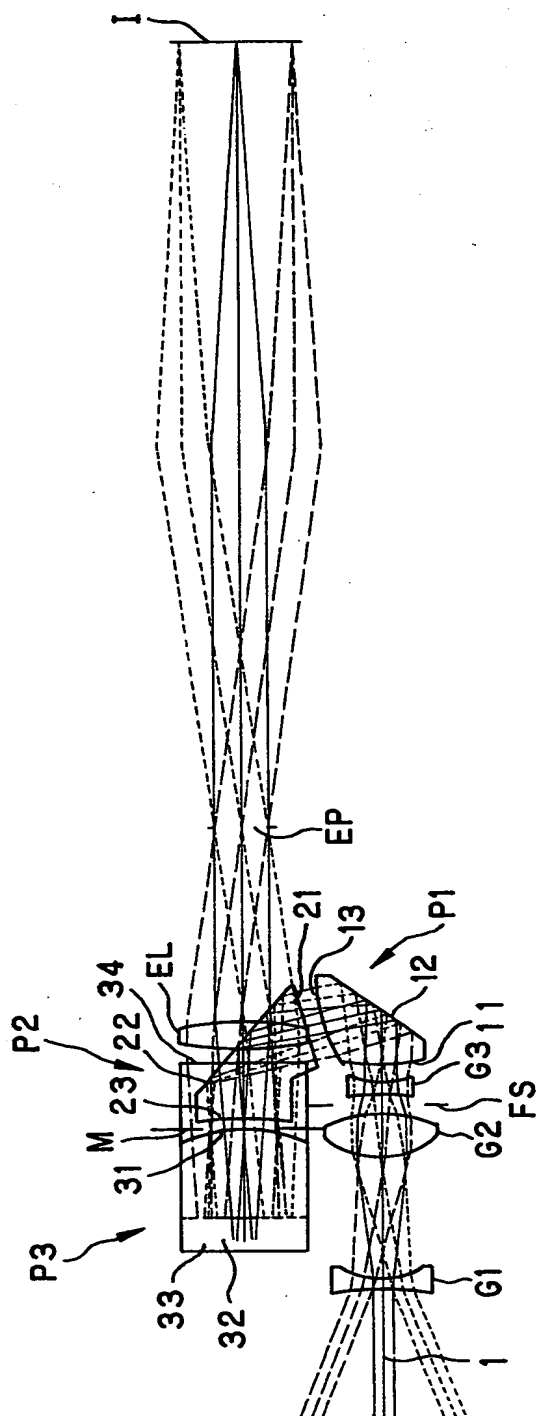
【図2】



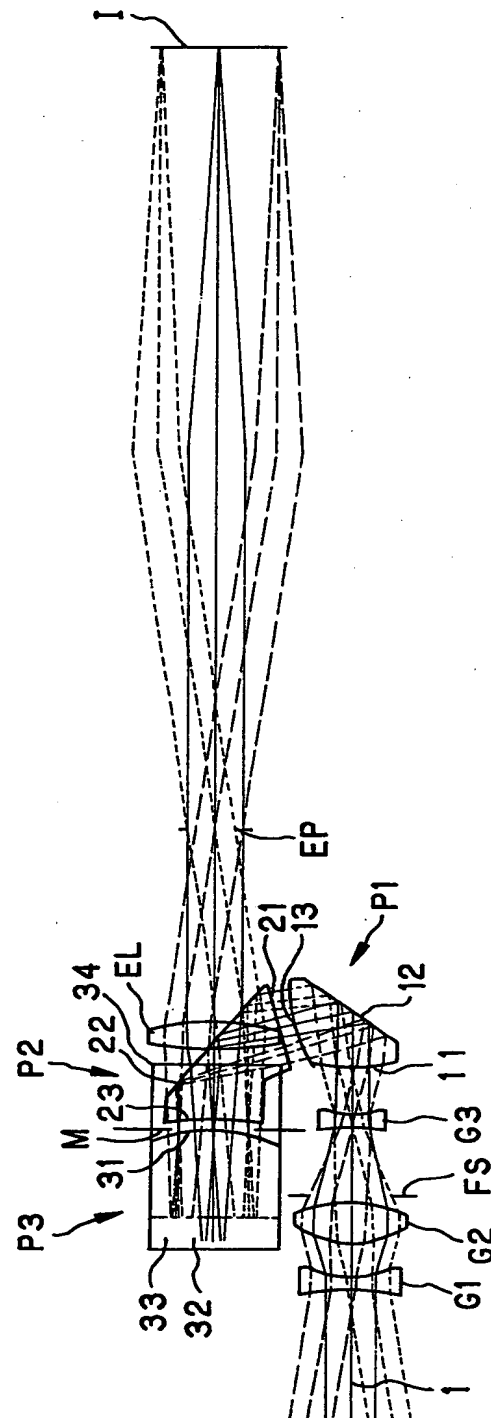
【図 3】



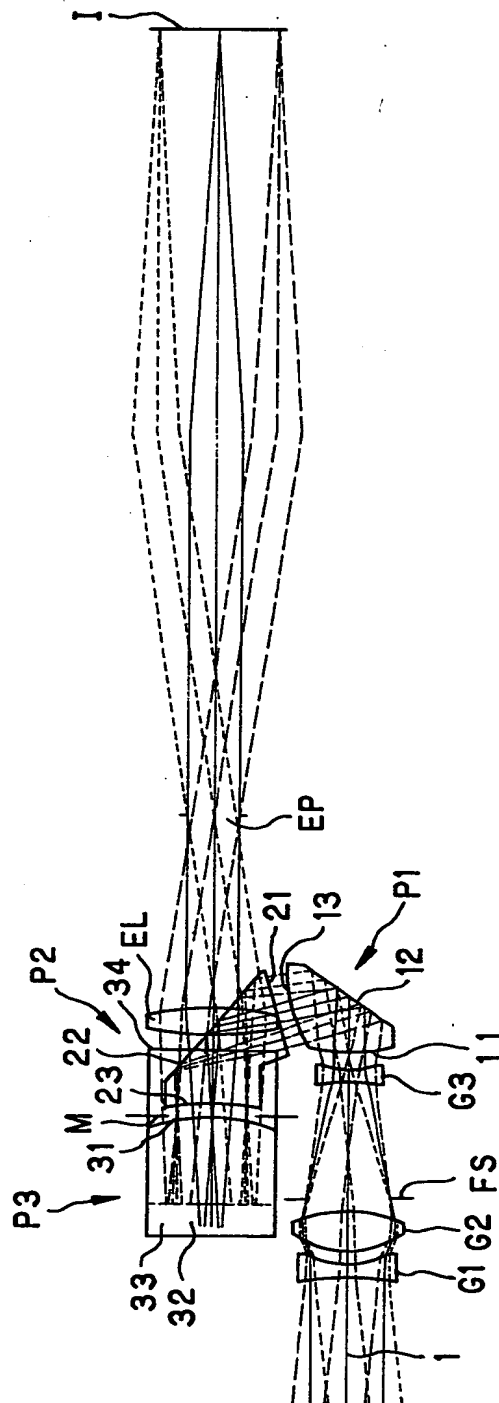
【図4】



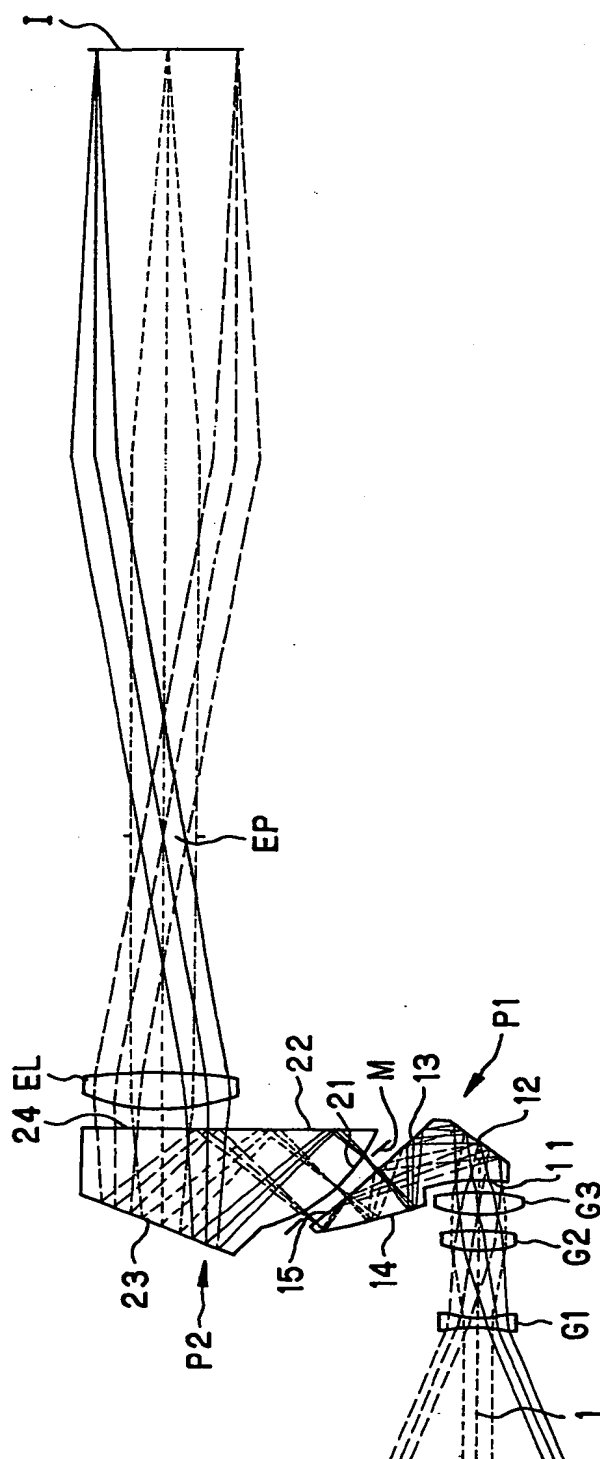
【図 5】



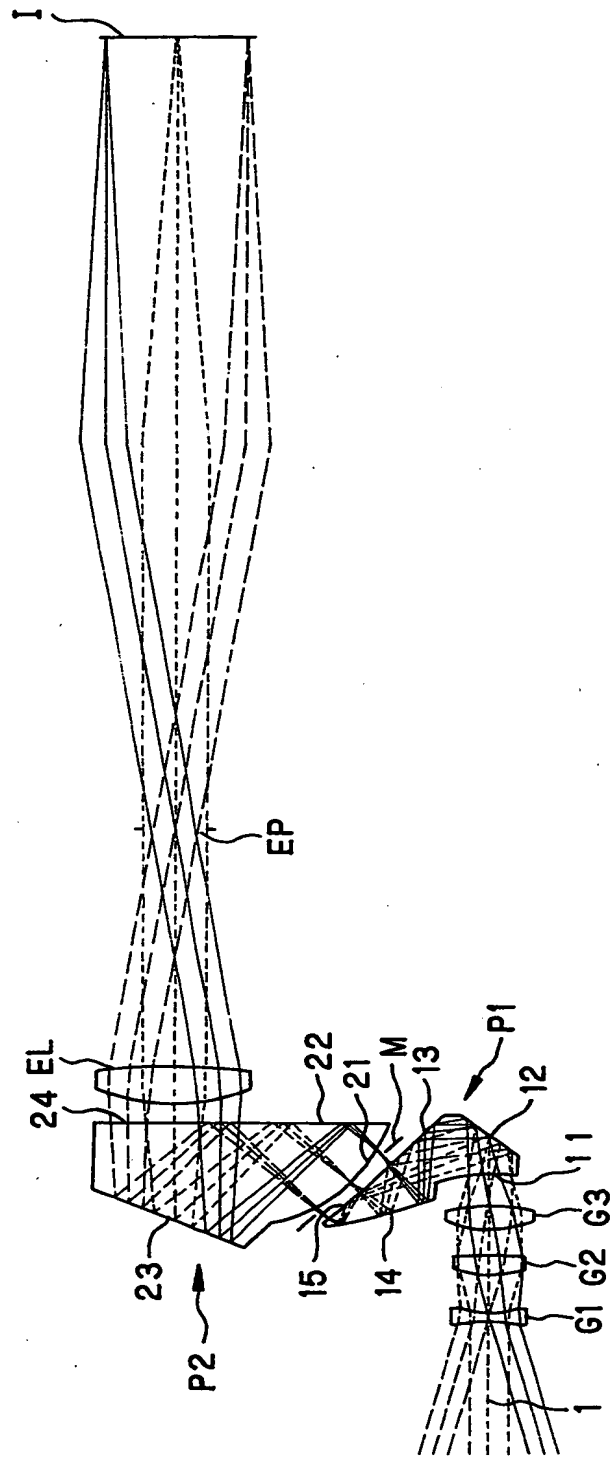
【図6】



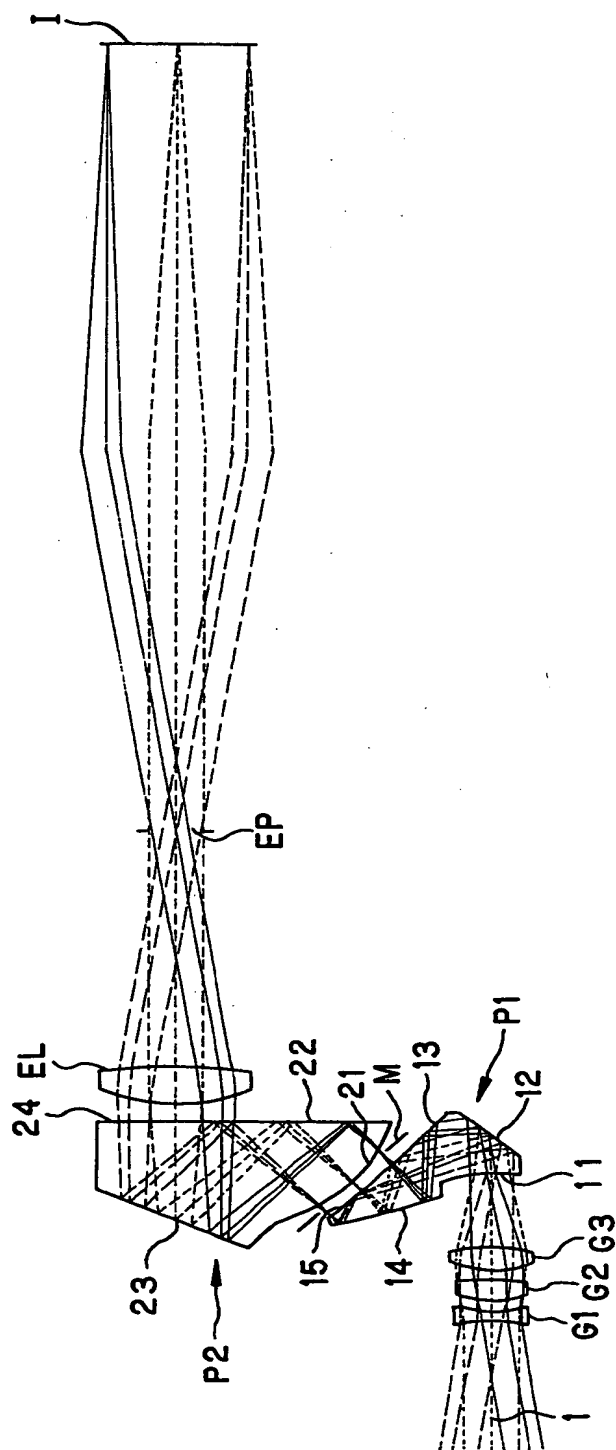
【図 7】



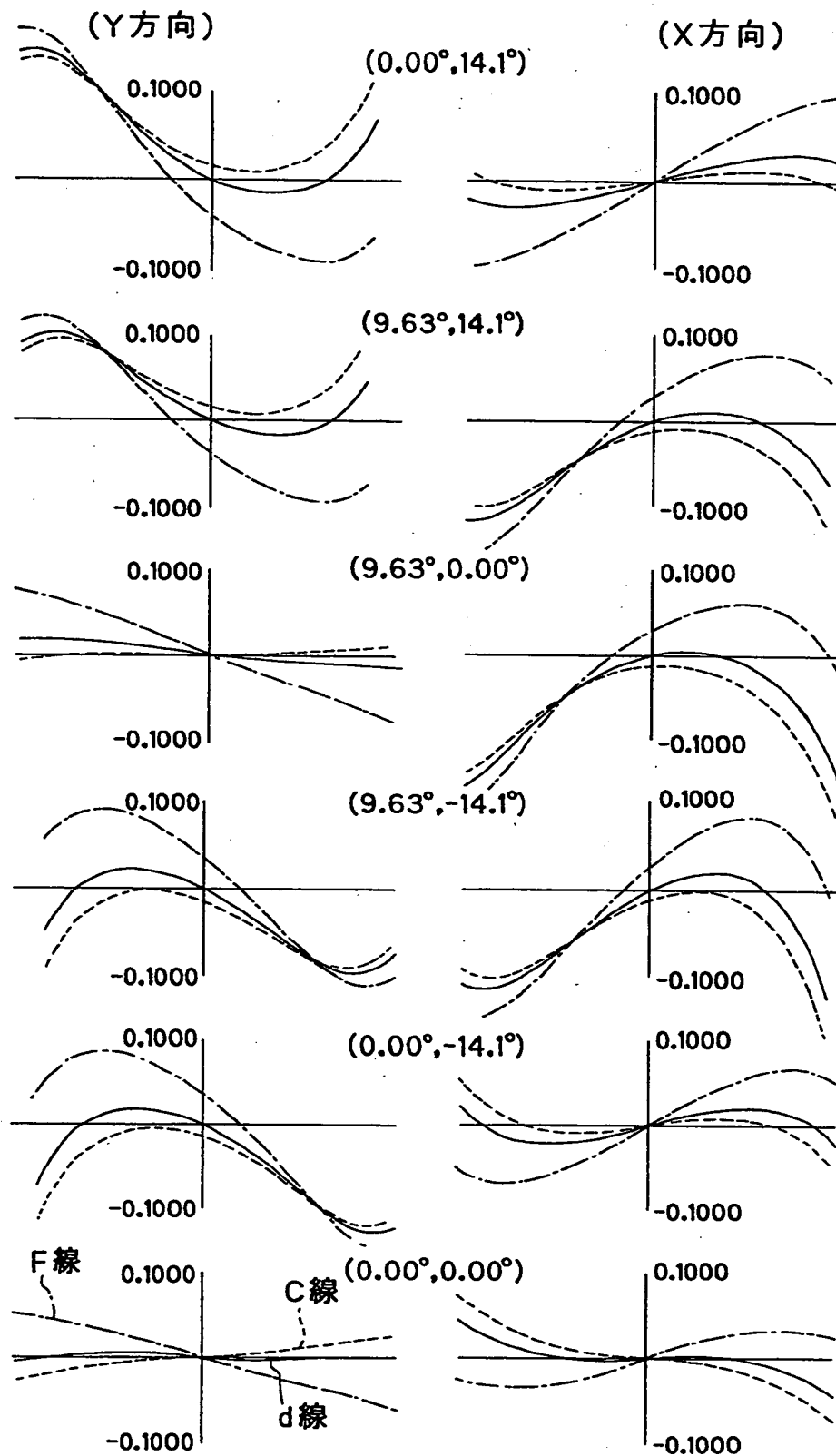
【図 8】



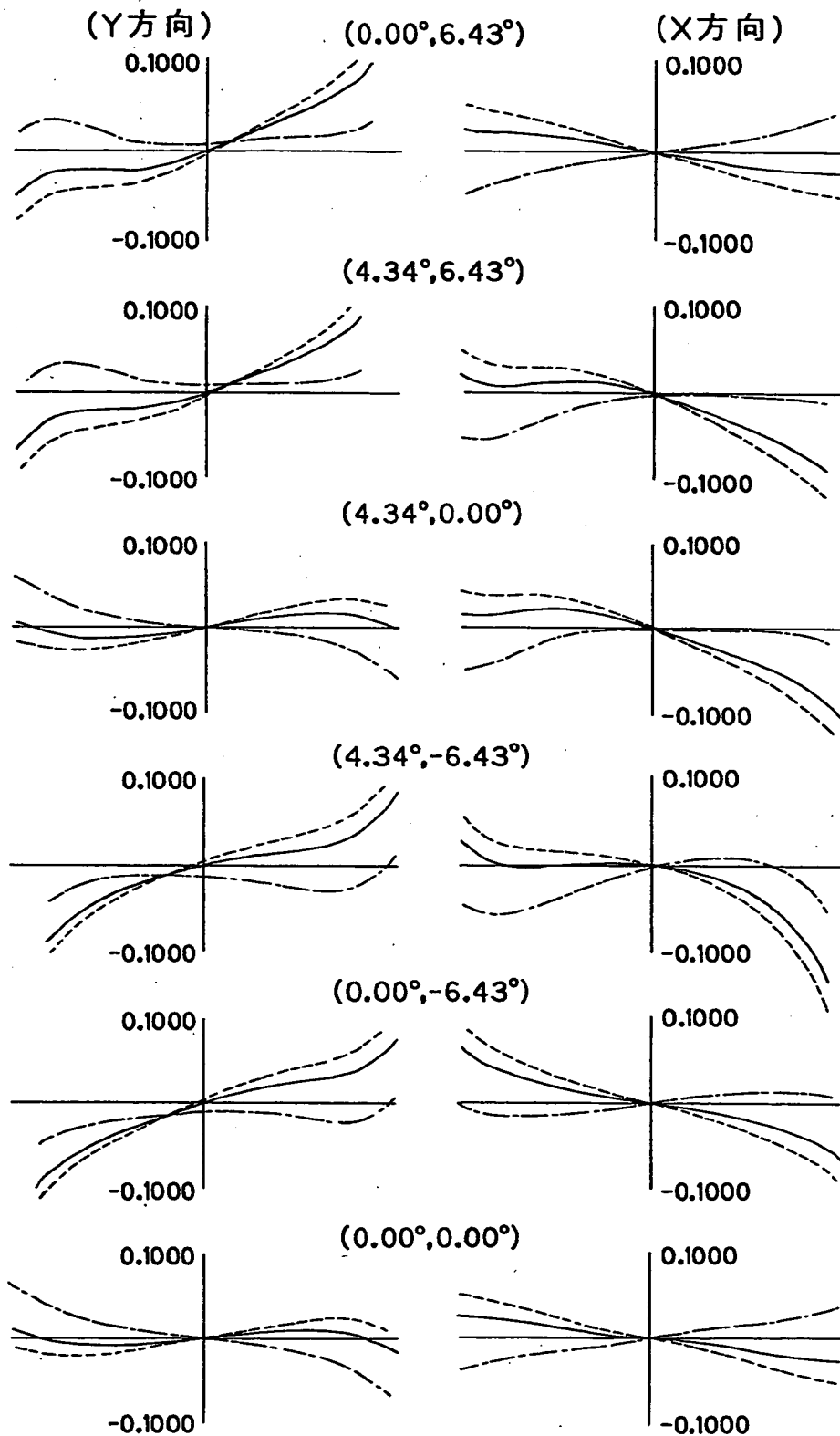
【図 9】



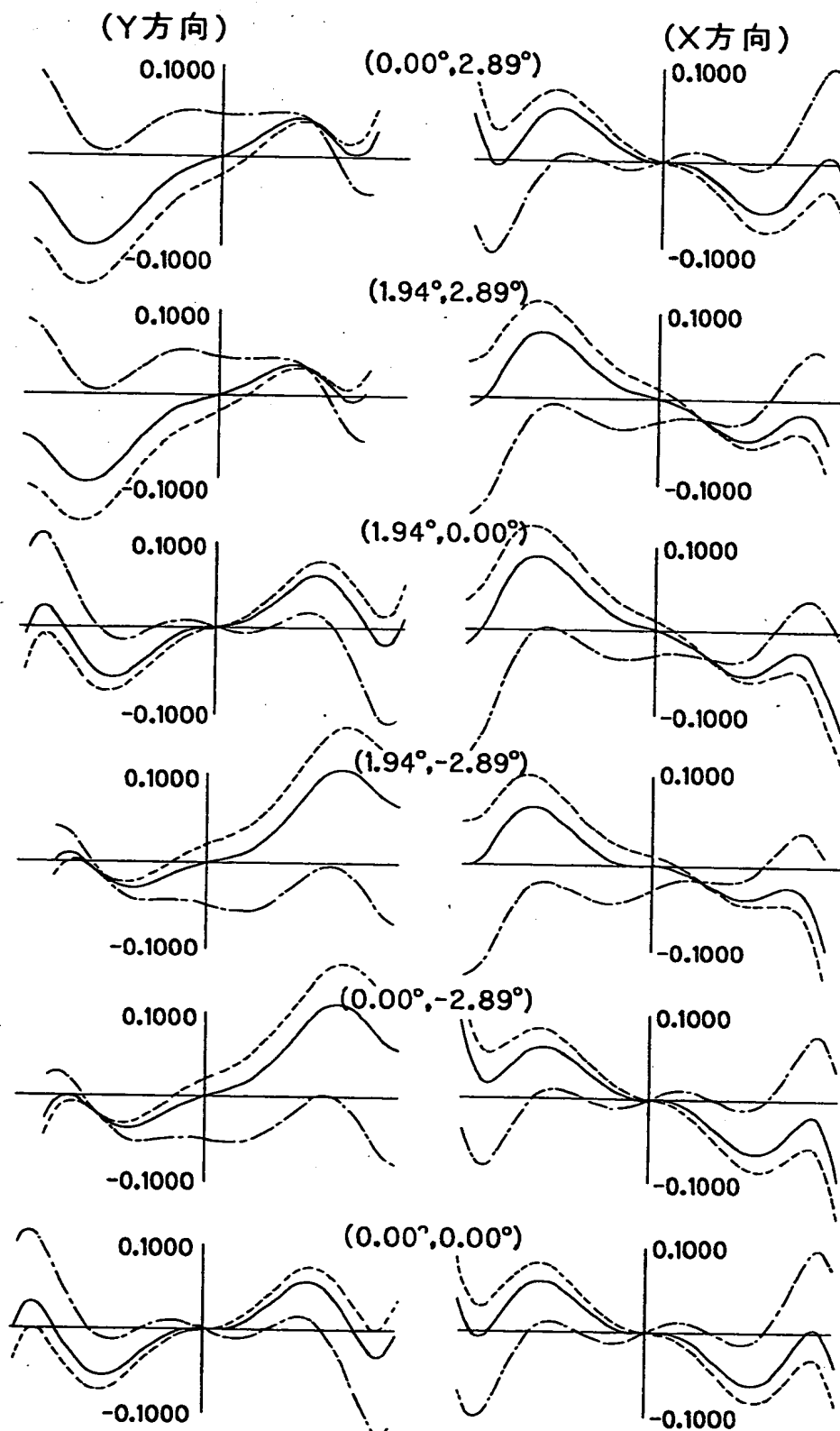
【図 10】



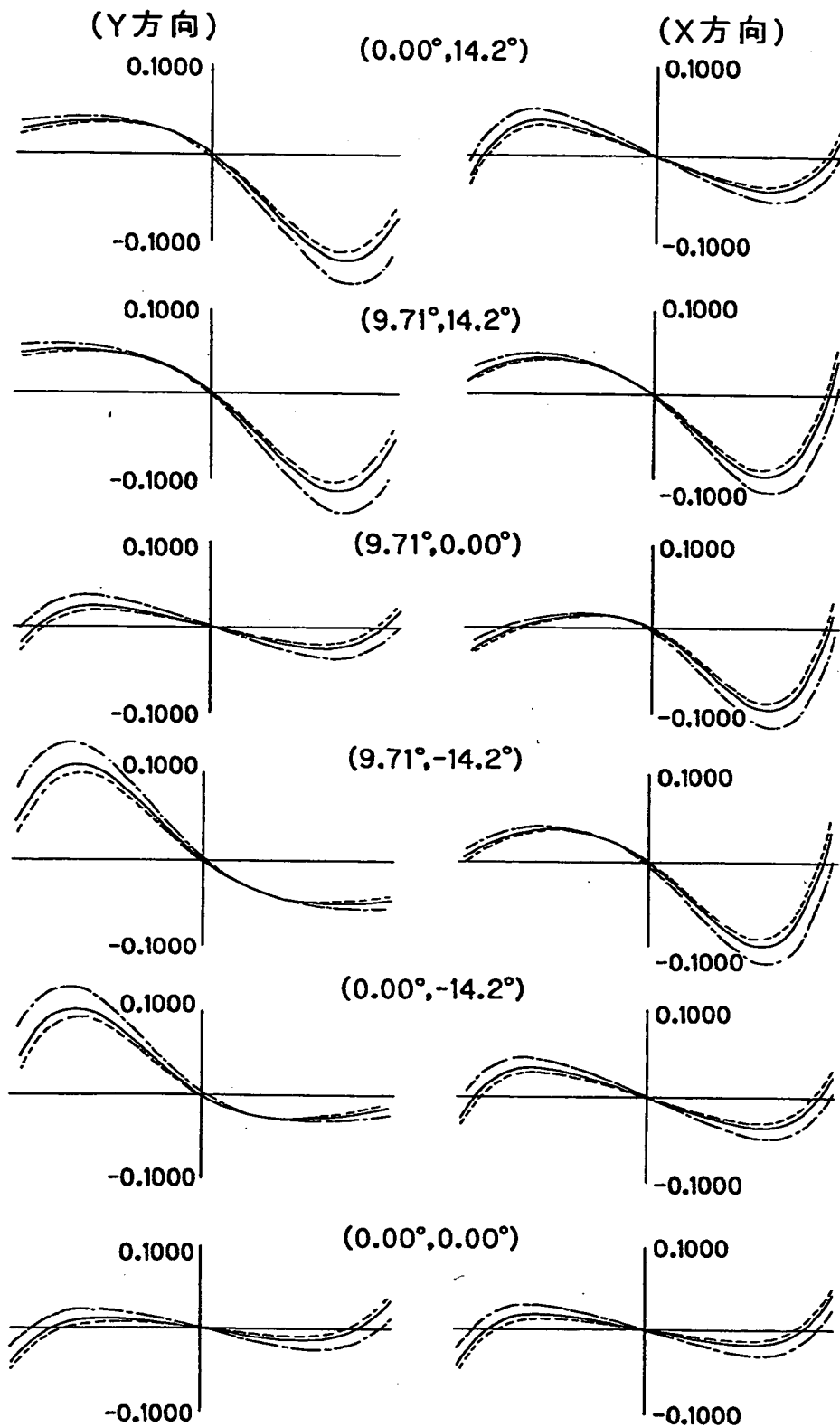
【図 1 1】



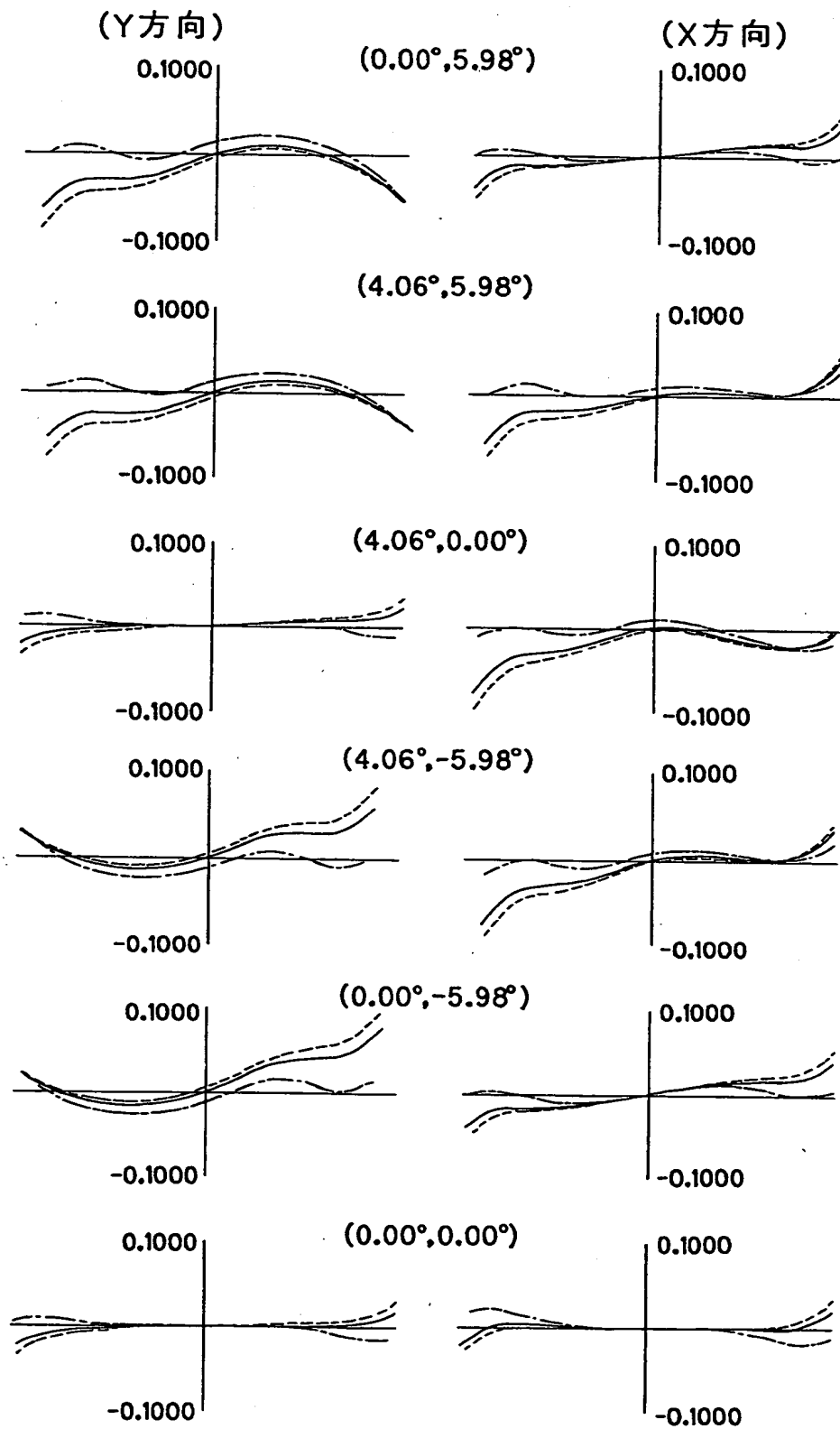
【図 12】



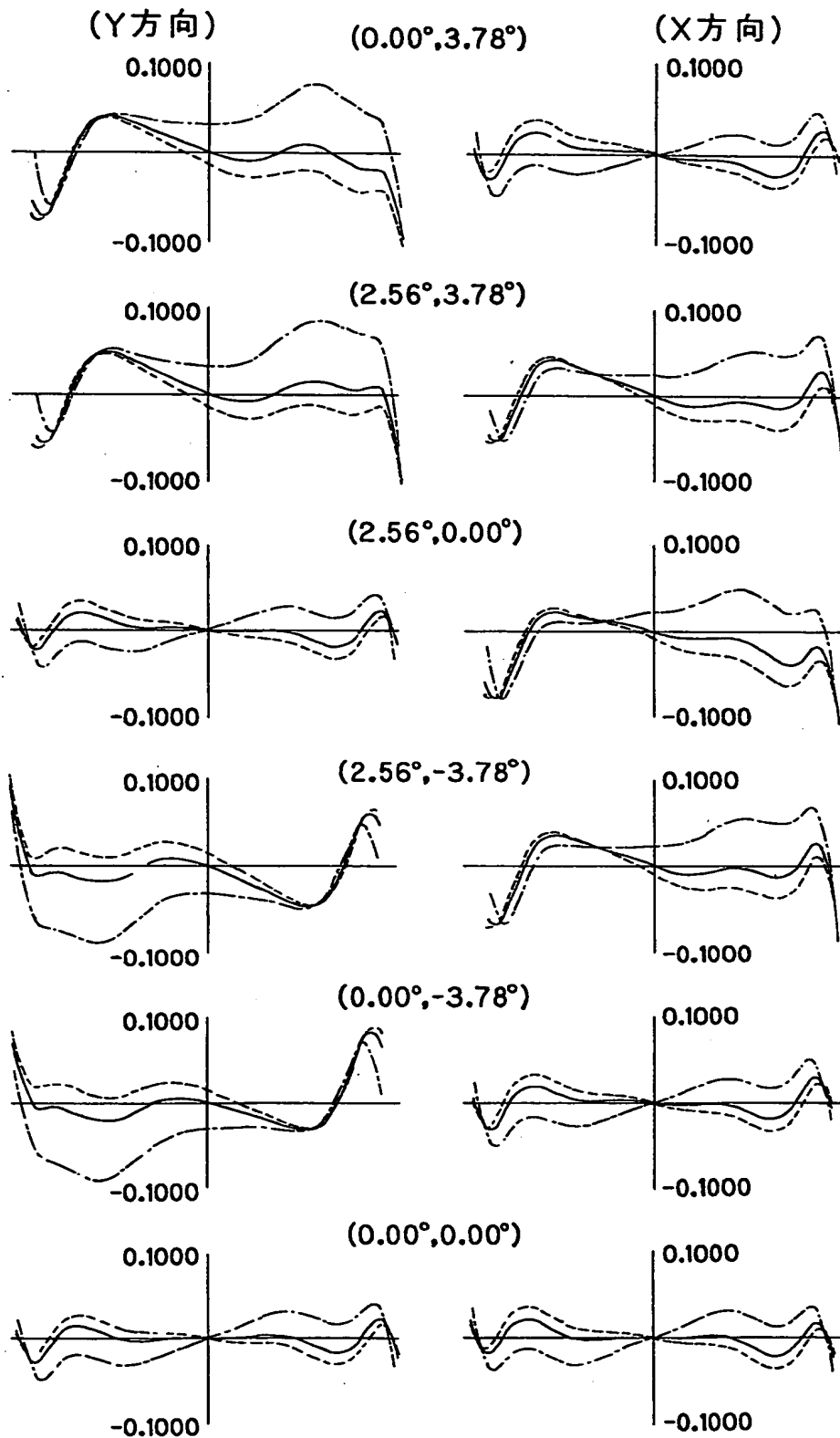
【図 13】



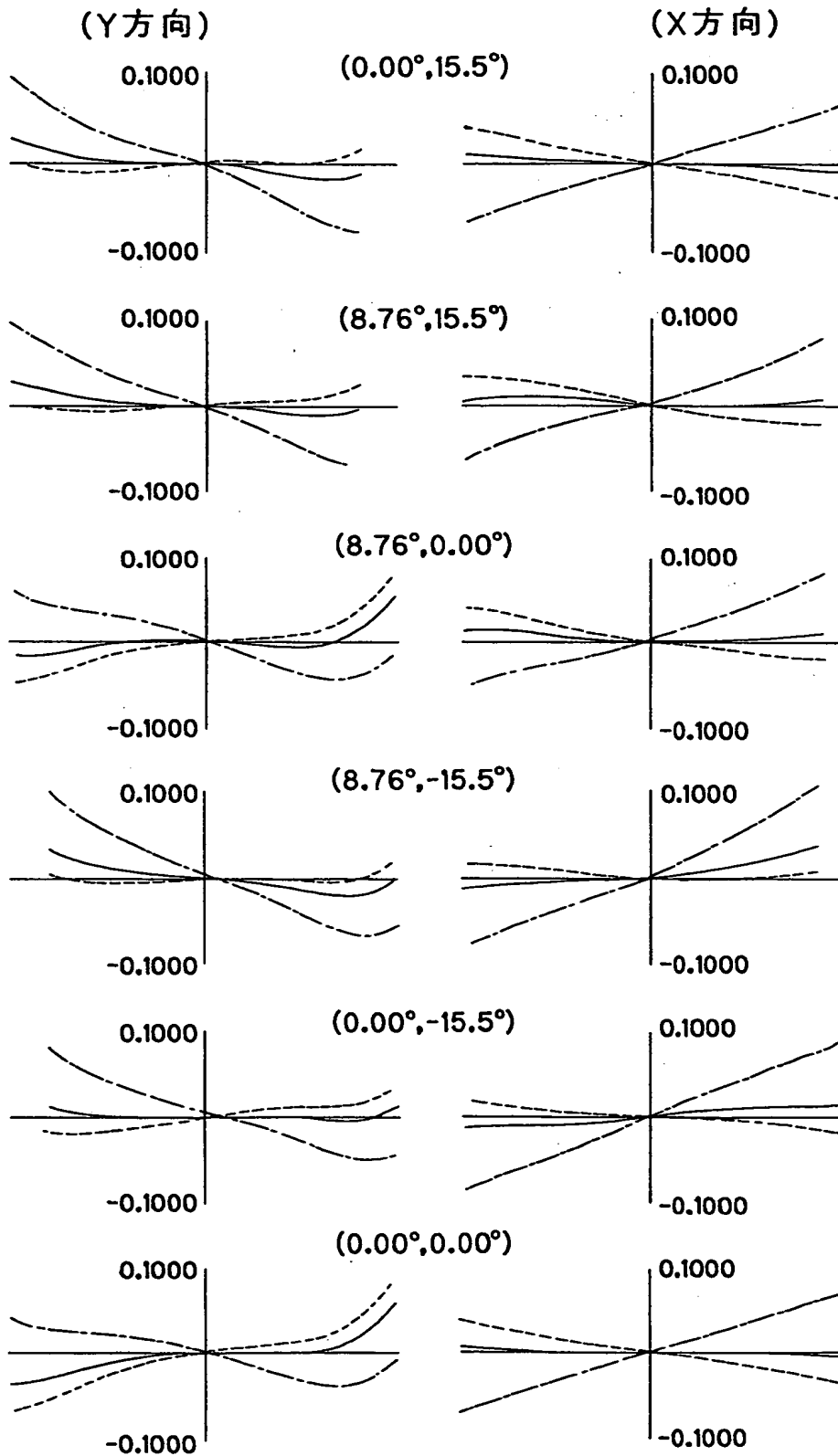
【図14】



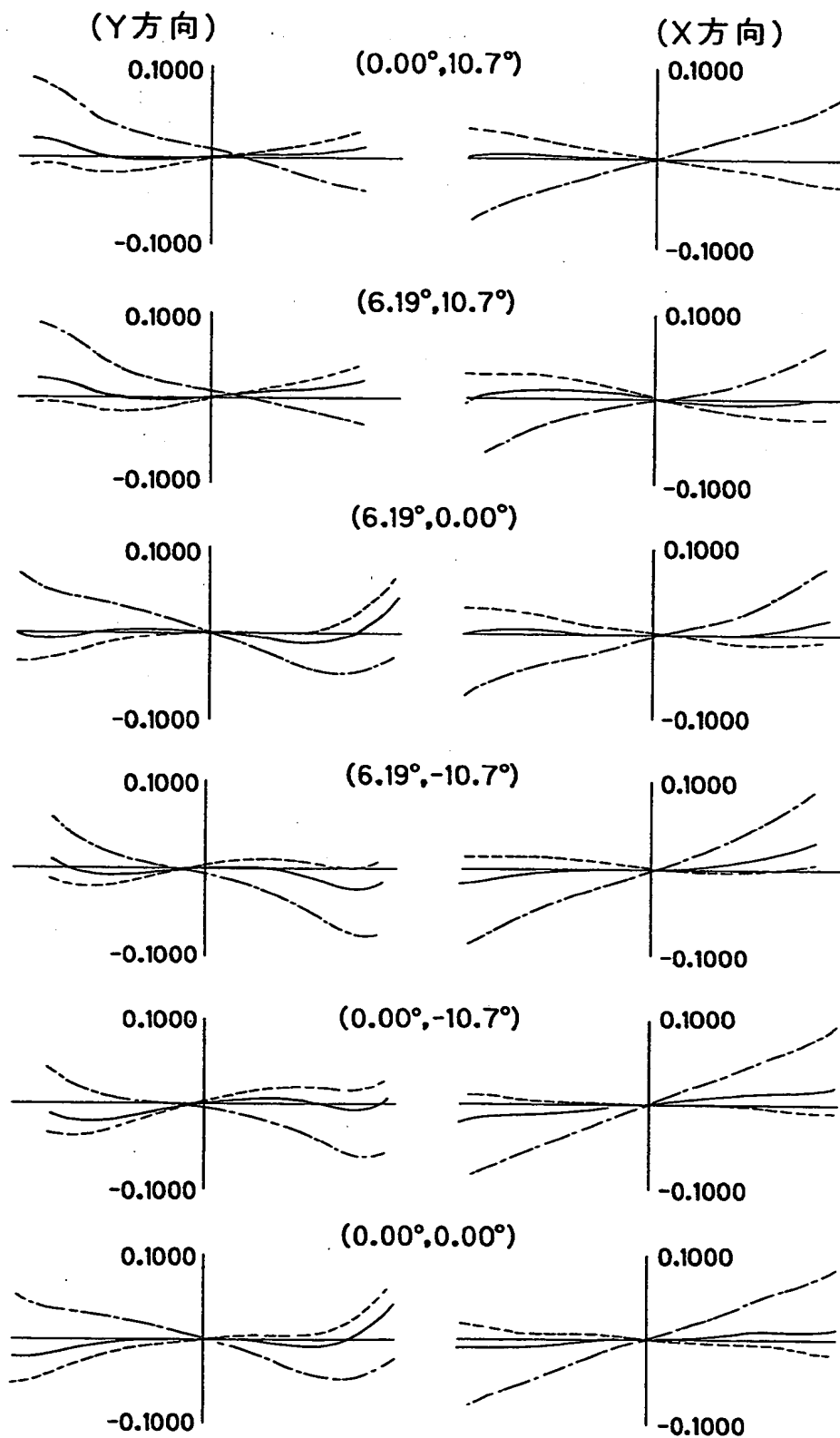
【図15】



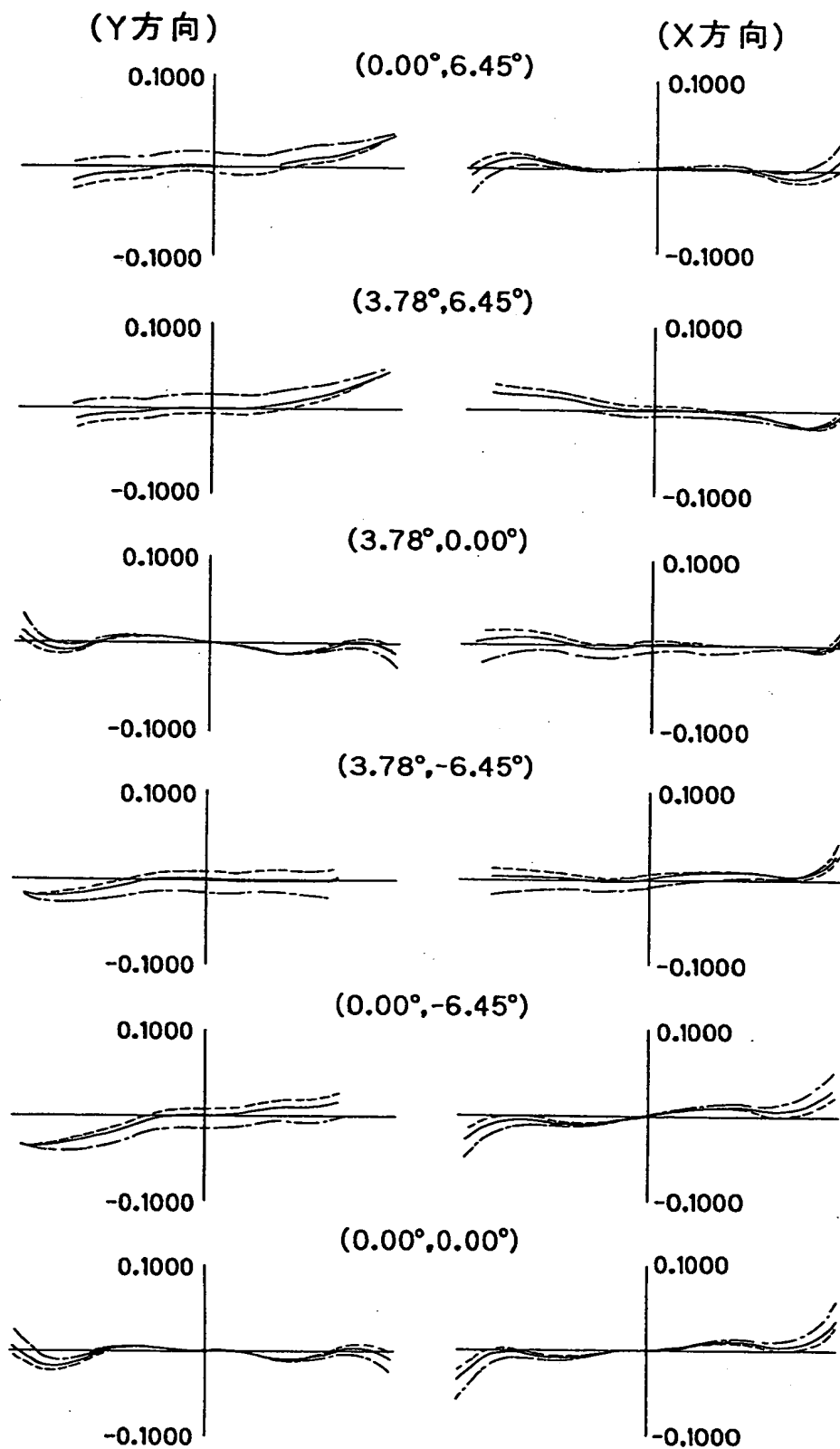
【図16】



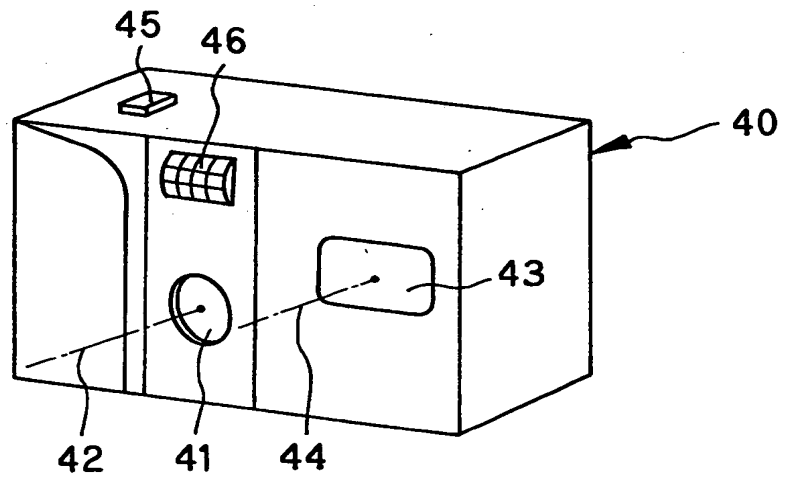
【図 17】



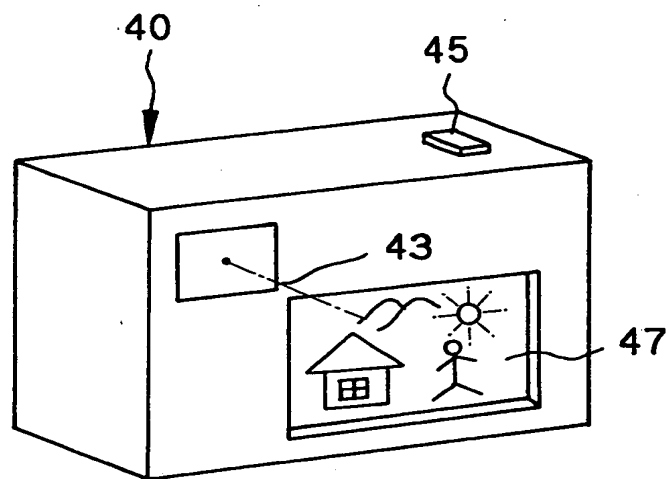
【図18】



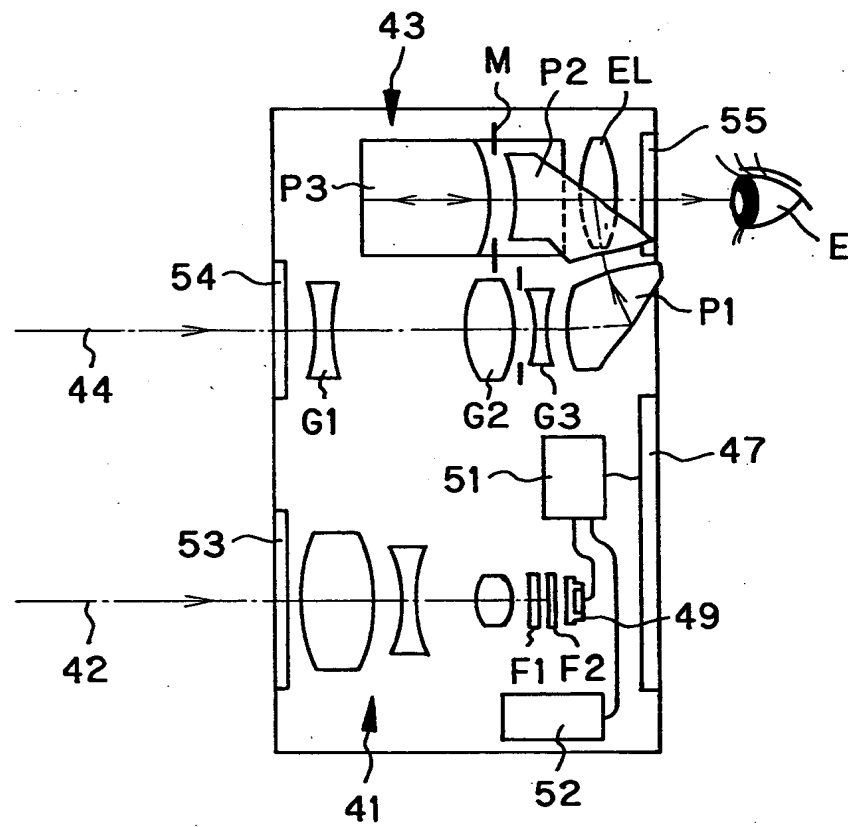
【図19】



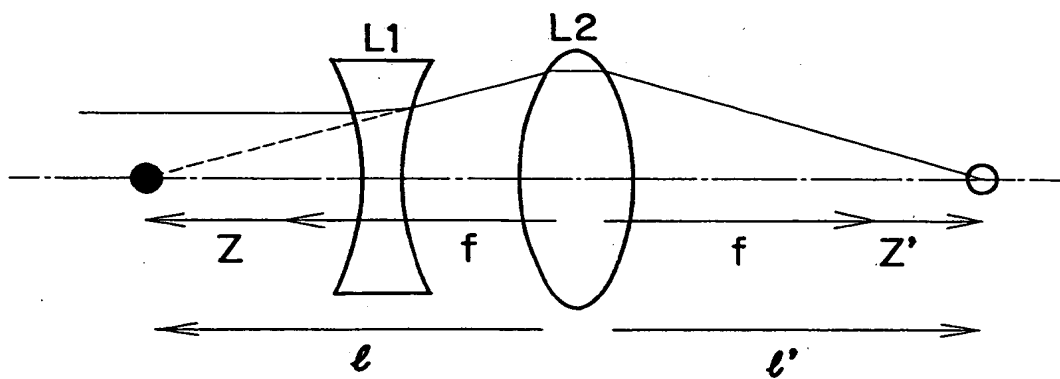
【図20】



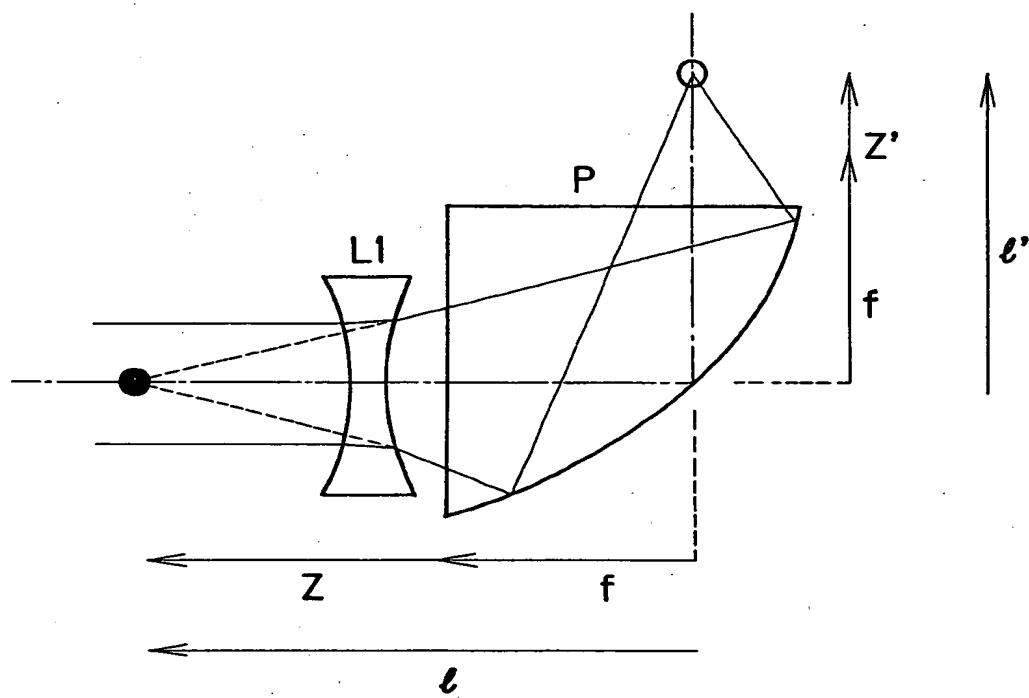
【図21】



【図22】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高変倍化と小型化、特に薄型化を同時に満たす高性能な実像式変倍ファインダ。

【解決手段】 正の対物光学系と正の接眼光学系が配置され、また、対物光学系により形成された実像を正立正像させる像反転手段を有する実像式変倍ファインダにおいて、対物光学系は、複数の移動レンズ群G2、G3と、少なくとも1面がパワーを有する回転非対称な反射面とを有し、また、各群には少なくとも1面の非球面を有し、 $0.02 < d \cdot f_w / f_t^2 < 0.4$ 、の条件式を満たす実像式変倍ファインダ。ただし、dは対物光学系の第1面から第1反射面までの軸上主光線に沿って測った距離、 f_w は対物光学系の広角端の焦点距離、 f_t は対物光学系の望遠端の焦点距離。

【選択図】 図1

特2000-292251

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日	1990年 8月20日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名	オリンパス光学工業株式会社